

DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

LA INSTITUCIONALIZACIÓN DE LA CIENCIA: LA MECÁNICA CUÁNTICA EN MÉXICO, 1900- 1961.

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN HISTORIA, PRESENTADA POR

OMAR CRUZ AZAMAR

ASESOR: DR. FEDERICO LAZARÍN MIRANDA

CÓMITE:

DRA. MARTHA ORTEGA SOTO

DRA. MARÍA DE LA PAZ RAMOS LARA

17 DE FEBRERO 2022

Índice

Abreviaciones	4
Introducción	5
Fuentes teórico- metodológicas.....	18
Historias de la ciencia: teorías y metodologías.....	18
Historias de la ciencia sobre física y química.....	24
Historias de la ciencia en México	29
Historias de la institucionalización de la ciencia en México	32
Historia de la mecánica cuántica en México	36
Capítulo 1. La construcción del modelo cuántico a finales del siglo XIX y las primeras décadas del siglo XX.....	48
1.1 Los primeros pasos de la mecánica cuántica. Oposición y algunos éxitos.....	49
1.2 Hacia la mecánica cuántica: la formulación y sus interpretaciones.....	62
1.3 Los científicos frente a la política: las dificultades para admitir la explicación cuántica.....	75
1.4 Los grupos científicos de la mecánica cuántica.....	83
1.5 Conclusiones.....	90
Capítulo 2. La institucionalización de las ciencias en México, 1920- 1940: la física cuántica.....	93
2.1 La política científica: las primeras instituciones.....	95
2.2 Las comunidades en la conformación del área físico- matemática	112
2.3 La conformación de comunidades en México: los primeros acercamientos a la mecánica cuántica	126
2.3.1 La nueva física en la academia mexicana.....	128
2.4 Conclusiones.....	146
Capítulo 3. La física mexicana, 1938- 1961	148
3.1 La influencia estadounidense en la ciencia mexicana.....	151
3.2 La física en México	168
3.2.1 La física en instituciones de educación superior.....	178
3.2.2 La física en la Universidad de Puebla	181
3.3 Los físicos mexicanos en los congresos internacionales de Física	186
3.3.1 Simposio de Física de Brasil.....	190
3.3.2 Quinto Congreso Internacional de radiación cósmica, 1955	192
3.3.3 Asamblea conjunta de la Sociedad Mexicana de Física y la American Physical Society, 1961.....	195
3.4 Conclusiones.....	202

Capítulo 4. La Mecánica Cuántica y las prácticas en la ciencia mexicana hacia 1961	204
4. 1 Las características materiales de la física mexicana: la física nuclear.....	206
4.2 Los materiales y la mecánica cuántica en el escenario mexicano	211
4.3 Las redes en la comunidad científica física mexicana, 1952- 1961.....	221
4.4. La mecánica cuántica en la RMF	240
4.5 La mecánica cuántica en las tesis.....	243
4.6 Conclusiones.....	249
Conclusiones	251
Bibliografía	265

Abreviaciones

PNR	Partido Nacional Revolucionario
ESFM	Escuela Superior de Física y Matemáticas
IPN	Instituto Politécnico Nacional
OAT	Observatorio de Astrofísica de Tonantzintla
IES	Instituciones de Educación Superior
PGM	Primera Guerra Mundial
EPR	Einstein Podolsky Rosen
SGM	Segunda Guerra Mundial
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
ESIME	Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
ESIQ	Escuela Superior de Ingeniería Química
ENP	Escuela Nacional Preparatoria
SEP	Secretaría de Educación Pública
CNESIC	Consejo Nacional de Educación Superior y la Investigación Científica
CICIC	Coordinadora de la Investigación Científica
OAN	Observatorio Astronómico Nacional
EAE	Escuela de Altos Estudios
MIT	Massachussets Institute of Technology
SMM	Sociedad Matemática Mexicana
SMF	Sociedad Mexicana de Física
RME	Revista Mexicana de Electricidad
UAP	Universidad Autónoma de Puebla
UASLP	Universidad Autónoma de San Luis Potosí
UM SNH	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
UV	Universidad Veracruzana
UANL	Universidad Autónoma de Nuevo León
UNISON	Universidad de Sonora
UG	Universidad de Guadalajara
UP	Universidad de Puebla
UY	Universidad de Yucatán
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
IUPAP	Unión Internacional de Física Pura y Aplicada
INIC	Instituto Nacional de la Investigación Científica
UEG	Universidad del Estado de Guanajuato
APS	American Physical Society
CNEN	Comisión Nacional de Energía Nuclear
BM	Banco de México
OII	Oficina de Investigaciones Industriales
ARF	Armour Research Foundation
CNI	Comisión Nacional de Irrigación
IMIT	Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas
ICFyM	Instituto de Ciencias de Física y Matemáticas

Introducción

La revolución científica que ocurrió, principalmente en el continente europeo, entre 1900 y 1927 tuvo un gran impacto en la vida cotidiana de millones de personas, algunas veces con consecuencias funestas. Ejemplo de ello son las aplicaciones militares de las bombas atómicas y nucleares. Las teorías y postulados bajo los cuales funcionan los paradigmas cuánticos y relativista han servido para esos fines. El impacto de esta revolución científica se hizo tangible después de la década de 1970 con la llegada de artículos como los celulares, computadoras, tabletas electrónicas o videojuegos; sin el desarrollo de la mecánica cuántica no hubiera sido posible acceder a esta tecnología. Otro caso como el de la energía eléctrica producida por los reactores nucleares va de la mano de la revolución cuántica.

El modelo relativista propuesto por Albert Einstein (1879-1955) entre 1905 y 1906 surge a raíz de la resolución del problema del movimiento browniano. Misma dificultad la había encontrado Robert Brown, de quien toma el nombre, desde 1827; sin embargo, hasta ese momento no había sido resuelto por nadie.¹ El interés por la resolución de este problema derivó en el desarrollo primigenio de la mecánica cuántica y la energía nuclear. Entonces, si desde sus orígenes es casi indisoluble la separación entre estos campos de la física, también lo ha sido en su desarrollo ulterior.

¹ Eugenio Ley Koo, “La hipótesis cuántica de la luz” en *Ciencias*, Vol. 80, octubre- diciembre, México, UNAM, 2005, p. 39.

Historiadores y filósofos de la ciencia como John Bernal, Alexandre Koyré y Thomas Kuhn, así como físicos protagonistas de ese periodo, entre los que se encuentran Albert Einstein y Werner Heisenberg (1901-1976), afirmaron que el primer cuarto del siglo XX fue en el que mayor número de descubrimientos hubo en los campos de la física, química, matemáticas y la astronomía. El desarrollo que la ciencia tuvo durante esos años es quizá sólo comparable con la transformación de la ciencia que construyó el edificio físico- matemático de fines del siglo XVI y principios del siglo XVII.² Esto debe ser entendido desde la visión occidental que tenían estos autores.

Esta situación de la física y su correspondiente necesidad de desarrollo químico y matemático, así como de comprobaciones astronómicas que validaran sus hipótesis no tuvo parangón en ninguna parte del mundo. Las universidades en Estados Unidos no eran capaces de emular lo que en Europa estaba sucediendo, entre 1900 y 1927. Cuatro países iban a la vanguardia: Dinamarca, Italia, Inglaterra y Alemania. En este último lugar la física teórica tuvo un nicho que se abrió paso de manera vertiginosa con la famosa revista *Der Physik*³ bajo la dirección de Max Planck (1858- 1947).

Mientras tanto el escenario socio-político que atravesaba México durante ese periodo era políticamente inestable. La situación de los primeros gobiernos emanados de la Revolución Mexicana era complicada, como para preocuparse por física, química, astronomía o matemáticas. Eso no significa que en México no

² Thomas S. Kuhn, *La Revolución Copernicana*, Barcelona, Editorial Ariel, 1996, pp. 16-17.

³ Esta revista de física se publica desde 1871.

hubiera profesionales en esas áreas del conocimiento, sino que las condiciones políticas, sociales y económicas del país determinaron los alcances de la ciencia misma. Fue a través de las gestiones de los propios científicos quienes incidieron en las políticas públicas⁴ con la finalidad de crear instituciones para el desarrollo de sus actividades y prácticas científicas. Mientras la teoría de la mecánica cuántica consolidaba sus principales postulados teóricos y lo dejaba plasmado en la famosa reunión de la conferencia Solvay de 1927,⁵ México entraba en un periodo de estabilidad política. La institucionalización del acceso al poder con la fundación del Partido Nacional Revolucionario (PNR) en 1929 permitió la planificación de nuevas instituciones de distinta índole.

En los años subsecuentes los grupos políticos en el poder fueron modificando su política educativa. El Cardenismo apoyó a las instituciones para que formaran técnicos capaces de transformar al país,⁶ condición para la que eran necesarios los científicos. Este contexto alrededor del desarrollo científico es parte de una explicación de tipo externalista que propusieron, entre otros, Boris Hessen (1893- 1936)⁷ y John D. Bernal⁸. Esta explicación parte de la premisa de que para

⁴ Por política pública entiendo aquellas que tienen como fin la resolución de problemas públicos tomando en cuenta aspectos técnicos y políticos que se solicitan a través de una agenda pública. María Elena Flores Orendan, “régimen político y políticas públicas en México: entre el autoritarismo y la democracia imperfecta” en María Elena Flores Orendan (coord.), *Políticas públicas en México. Régimen político, finanzas y políticas sectoriales*, México, UAM-I, 2012, pp. 19-20.

⁵ La conferencia de 1927 rápidamente se convirtió en la más famosa de las conferencias Solvay, ya que fue el primer evento académico internacional donde acudieron los científicos alemanes que habían sido excluidos después de la Primera Guerra Mundial (1914- 1918).

⁶ Edith Castañeda Mendoza, “Ciencia y tecnología en México (1935- 1942). Del CNESIC a la CICIC: impulso a la investigación científica”, en Federico Lazarín Miranda y Hugo Pichardo Hernández (Coords.) *La Utopía del uranio. Política energética, extracción y explotación del uranio en México*, México, UAM-I/Biblioteca Nueva, 2016, p. 26.

⁷ Boris, Hessen, “Las raíces socioeconómicas de la mecánica de Newton” en Juan José Saldaña (Comp.), *Introducción a la teoría de la historia de las ciencias*, México, UNAM, 1989, pp. 79- 156.

⁸ John D. Bernal, *Historia social de la ciencia*, Barcelona, Editorial Península.

entender el desarrollo de la ciencia es menester explicar el desarrollo socioeconómico de la época. Para entender a cabalidad el proceso estudiado resulta necesario acudir al contexto, es decir: una explicación social de la ciencia. A decir de Kuhn, la explicación externalista no sólo vela por explicaciones de índole socioeconómico, más bien se interesa por las comunidades científicas, al mismo tiempo que busca explicar cómo interaccionan los individuos pertenecientes a una disciplina científica.⁹ No obstante, a partir de Kuhn en su clásico texto *La estructura de las revoluciones científicas*, no por explicar las causas, relaciones y consecuencias externas de un postulado científico se ha de dejar de lado su comprensión interna. La afirmación de Kuhn invita a analizar la acumulación de conocimiento que derivó en el estado actual de cualquier ciencia.¹⁰

Bajo estas premisas en la presente investigación se propone explicar cómo se institucionalizó la ciencia en México a través del estudio de la conformación y desarrollo de las comunidades de científicos en el país. Este objetivo se logrará en función del análisis del caso de los científicos que estudiaron, aceptaron y difundieron el paradigma de la mecánica cuántica. Esto es desde que se desarrolla la mecánica cuántica hasta que se establecen diversas escuelas e institutos en el país en la década de 1960.

La mecánica cuántica se desarrolló como un paradigma propio de la física, la matemática y la química de la primera mitad del siglo XX. Aunque surgió en esas

⁹ Thomas S. Kuhn, *La tensión esencial. Estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia*, México, Fondo de Cultura Económica, 1996, p. 145.

¹⁰ Thomas S. Kuhn, *La Estructura de las revoluciones científicas*, México, Fondo de Cultura Económica, 2006, pp. 129- 148.

disciplinas la teoría y sus aplicaciones ha permeado todos los ámbitos de la vida humana; razón por la cual esta investigación se pregunta: ¿Cómo inició la mecánica cuántica en México? La cual desata otras preguntas: ¿Cómo llegó la mecánica cuántica a México? ¿Quiénes fueron los pioneros de esta labor en nuestro país? y ¿Cómo se conformaron los grupos entre los científicos que derivó en la institucionalización de su conocimiento e interpretación sobre la mecánica cuántica? y ¿Cómo asimilaron los científicos mexicanos un paradigma que se había consolidado en la Europa de entreguerras?

Para explicar el planteamiento inicial hay que recordar que el modelo de la mecánica cuántica y su desarrollo tecnológico, representa en países como Estados Unidos, Inglaterra, Alemania, Francia, Canadá e incluso Italia un ingreso de entre 20 y 30 por ciento de su PIB¹¹. Este porcentaje varía según la fuente que se cite. Entonces, ¿Por qué en México, al menos al momento de su arribo, la mecánica cuántica aparentemente pasó desapercibida por un buen número de científicos en México? La respuesta no es sencilla, de otro modo no habría necesidad de realizar la investigación que se plantea en estas páginas.

Actualmente, los científicos sociales y humanistas se enfrentan al prejuicio de algunos científicos sociales quienes suelen pensar que dedicarse a la investigación de la historia de la ciencia es raro. Otros señalan la dificultad que representa el estudiar un tipo de conocimiento en el que no tenemos una formación previa. Si bien es cierto que los temas de estudio que proponen las actividades de

¹¹ Vinck-Posada, Herbert, Rafael R. Rey-González y Karen M. Fonseca-Romero, “Mecánica cuántica: Un reto inaplazable para nuestro país”, *TecnoL*. no.26, enero/junio 2011, pp. 7- 11.

las ciencias naturales son complicados, no resultan inaccesibles. Los que se dedican a estudiar la actividad científica parten de los supuestos teóricos que las ciencias sociales han generado para el estudio de la ciencia y su relación con la sociedad. En este punto se debe señalar la importancia de estudiar las teorías como parte de la creación humana.

Llevar a cabo esta tarea implica comprender a las personas que se dedican al estudio e investigación en esas las ciencias naturales, quienes fueron formadas con el fin de comprender, interpretar y desarrollar nuevos conocimientos en ciencias específicas, más bien eso antes que ser un impedimento es una condición actual de todas las ciencias: la interdisciplinariedad. Por lo tanto, hay que recordar que esta investigación a pesar de que se inserta en la historiografía de la historia de la ciencia no pretende hacer una historia sobre las transformaciones lógico-matemáticas en las diferentes áreas antes enunciadas. Más bien es un estudio sobre las comunidades científicas y su comportamiento, como ya enuncié líneas atrás. Aspirar a hacerlo equivaldría a hacer un estudio que sale de los límites de este trabajo. Justo en esta dimensión es que se encuentra la trascendencia del tema a estudiar.

El alcance de este tema radica en tres puntos; en primer lugar, a pesar de que existe desde hace tiempo un creciente interés en la historia de la ciencia, se ha indagado poco sobre la llegada a México y posterior difusión de los conocimientos que los científicos mexicanos aprendieron de los europeos y estadounidenses. El

libro coordinado por María de la Paz Ramos Lara, *La mecánica cuántica en México*¹² es uno de los pocos intentos que se han hecho sobre el tema específicamente de la mecánica cuántica.

En segundo lugar, los científicos naturales han llamado la atención de los historiadores que se han acercado a la historia de la ciencia y se han lanzado en búsqueda de información que permita rescatar sus biografías. No obstante, no ha sido una práctica común estudiarlos en conjunto; no hay estudios que muestren cómo se conformaron y trabajaron como grupos académicos. Los científicos mexicanos fueron actores de primer orden en las instituciones mexicanas. En muchos casos diferentes científicos mexicanos lograron aportes significativos en distintas áreas. Por lo que rescatar las redes entre profesores y alumnos, a la vez que su interacción con las instituciones en México, resulta una tarea aún pendiente.

En tercer lugar, la historiografía sobre el tema muestra que sobre la institucionalización de un área científica en específico se ha indagado suficientemente en los últimos años.¹³ En contra posición se han realizado pocos trabajos sobre cómo un paradigma fue definitorio para moldear la institucionalización no de una sino de diferentes áreas científicas. El alcance de la mecánica cuántica ha sido soslayado en las ciencias sociales y apenas ha sido retomado por un núcleo de profesionales de la historia, por lo que al observar este

¹² María de la Paz Ramos (coord.), *La Mecánica cuántica en México*, México, UNAM, 2003.

¹³ La lista es larga, pero como ejemplo de ellos están dos obras recientes sobre el tema de la institucionalización para mostrar como dicho tema ha sido cada vez más recurrente en la historiografía sobre la ciencia nacional: Patricia Aceves Pastrana (coord.), *Leopoldo Río de la Loza y su tiempo. La construcción de la ciencia nacional*, México, UAM-X, 2011 y Jorge Bartolucci (coord.), *La saga de la ciencia mexicana. Estudios sociales de sus comunidades: siglos XVIII al XX*, México, UNAM, 2011.

vacío historiográfico científicos naturales han elaborado interpretaciones históricas, filosóficas o sociológicas sobre la difusión de la mecánica cuántica y en general de la física, la química, la matemática o la astronomía. De tal manera que, elaborar una investigación con los métodos propios de la historia puede ayudar a comprender el desarrollo histórico de las ciencias naturales en México y su relación con la sociedad mexicana. Los casos de las cuatro ciencias, las cuales corrieron a la par, son de suma importancia para comprender el desarrollo de la institucionalización de las ciencias en México.

Cualquier investigación histórica tiene que contar con dos vectores esenciales, tiempo y espacio. En este sentido, el tiempo que abarca la presente investigación es la mecánica cuántica en México desde 1900 hasta 1961. La primera de las fechas fue elegida por ser el momento en que Max Planck desarrolló su teoría de los cuantos. La cual fue resultado de sus investigaciones sobre el cuerpo negro y con ella se considera que comenzó la revolución científica del primer cuarto del siglo XX; es interesante analizarla desde sus comienzos dado que hubo mexicanos que fueron parte de los seminarios donde se enseñaba la teoría cuántica. Ejemplo de ello es el seminario de Max Planck al que asistió Manuel Sandoval Vallarta.

La fecha propuesta como el final de la investigación es 1961 por ser el año que se funda la carrera de física en diferentes instituciones de nivel superior a lo largo de la república. Entre ellos, pero no el único, la Escuela Superior de Física y Matemáticas (ESFM) del Instituto Politécnico Nacional (IPN). No se sugiere que en ese momento la mecánica cuántica se convirtió en un paradigma dominante en la

física mexicana, sino que en el caso mexicano la institucionalización de la física y el área de la mecánica cuántica corrieron a la par.

Si bien para la primera de las fechas existe un consenso sobre su importancia y significado en las explicaciones subsecuentes de la naturaleza en la segunda de ellas pudieran objetarse una serie de argumentos; considero que el más importante sería ¿Por qué hacer el corte temporal final con la creación de la carrera de física en distintas instituciones, si también se investigó la relación de ésta con áreas como la matemática y la astronomía?

La respuesta que se ofrece a esta objeción es que hasta ese momento la UNAM y sus Institutos de física (1939), Química (1941) y Matemáticas (1945) eran los únicos que tenían definidos la forma en que eran enseñados los saberes científicos y se hacía investigación en México. Por supuesto, no se debe olvidar el papel del Observatorio de Astrofísica de Tonantzintla (OAT) en Puebla, que es una dependencia del gobierno federal, pero fue hasta la creación de distintas instituciones en diferentes entidades que puede situarse a la física mexicana como un área que se estaba expandiendo en la vida académica del país. En 1961 podemos encontrar una contraposición a la planificación de la física que la UNAM había establecido en su organización de las ciencias.

Nuevamente, el caso del caso del IPN es interesante. Su importancia es insoslayable, rápidamente se convirtió, tras su creación en 1936, en una autoridad en el estudio de física y matemática. El modelo del IPN fue el que siguieron otras Instituciones de Educación Superior (IES). Dentro de esta transformación tanto el

Politécnico como la UNAM, ahora las dos grandes IES del país, convirtieron las explicaciones cuánticas en materias obligatorias. La química y la astronomía siguieron el mismo camino ya que en 1961 se instauraron las primeras clases de química cuántica y astrofísica en las escuelas del politécnico.

El espacio donde se sitúa la presente investigación es México y específicamente la UNAM, el IPN y la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), por ser las primeras instituciones donde personajes como Sotero Prieto (1884-1935); Ricardo Monges López (1886-1936); Carlos Graef (1911-1988); Alfredo Baños (1905-1994); Fernando Alba Andrade (1919); Manuel Sandoval Vallarta (1899-1977); Juan de Oyárbal (1913-1977); Alejandro Medina Meléndez (¿?); Marcos Moshinsky (1921-2009) y Luis Rivera Terrazas (1912- 1989) en la física; Antonio Madinaveitia (1890-1974); Gustavo Baz (1894-1987); Jaime Keller Torres (1936- 2011) y Fernando Orozco (¿?) en la química; Gonzalo Zubieta (1994), José Adem (1921-1991); Guillermo Torres (1919-1990); Alberto Barajas (1913-2004) y Solomón Lefschetz (1884-1972) en las matemáticas, y Luis Enrique Erro (1897-1955); Guillermo Haro (1913-1988); Braulio Iriarte Erro (1920- 1986) y Enrique Chavira Navarrete (1925-2010) en la Astronomía, hicieron las primeras aportaciones de científicos mexicanos al paradigma de la mecánica cuántica. Estas tres IES, junto con los actores dentro de sus institutos fueron pioneros en la adopción, interpretación y posterior contribución al modelo cuántico desde México.

Hasta este momento se puede objetar que la investigación que se llevó a cabo es demasiado ambiciosa por analizar a un conjunto de científicos antes que aún personaje determinado. No obstante, hay que recordar que a pesar de que son

áreas diferentes: “la experiencia científica no es pura sino interpretada, y toda interpretación se hace en términos de teorías”.¹⁴ Es por eso que la propuesta metodológica de Bruno Latour sobre la historia de la ciencia ayuda a entender que “existen alianzas entre la ciencia y la sociedad, entre la sociedad y los actores sociales”¹⁵, el científico tiene muchas dimensiones a la vez por lo tanto, la interrelación entre disciplinas es muchas veces común.

Entonces la investigación, si bien es cierto que toca diferentes áreas científicas, también parte de la premisa de que es una característica esencial de las ciencias la relación entre ellas, es decir, la interdisciplinariedad.¹⁶ De tal suerte que asumir que los científicos provinieron de disciplinas diferentes no es la única forma de observar el objeto de estudio. Aquí se analiza a los sujetos más que como individuos aislados como entes pertenecientes a una comunidad científica que se conformó en grupos entre los que se cuentan los personajes mencionados líneas atrás; su relación con la física y, a su vez, con la mecánica cuántica. Con este marco se da cuenta de las amplias y diversas perspectivas con las que fue adoptado, interpretado y difundido un mismo paradigma por diferentes áreas de las ciencias naturales.

En esta investigación se utilizaron las metodologías de Kuhn, sobre la explicación externalista de la ciencia; Bruno Latour, y su propuesta por entender a los científicos y sus relaciones sociales y políticas, y de Tony Becher, referentes a

¹⁴ Mario Bunge, *La ciencia. Su método y su filosofía*, México, Siglo XXI, 2006, 39.

¹⁵ Bruno Latour, *La esperanza de pandora. Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*, Barcelona, 2001, p. 125.

¹⁶ Stewart Richard, *Filosofía y Sociología de la ciencia*, México, Siglo XXI, 2014, 13.

los grupos y comunidades académicas. El apoyo que estas metodologías permitió mostrar la trascendencia que tuvo la mecánica cuántica en el proceso de institucionalización de la ciencia en México. Así como el rol que desempeñó la física durante la etapa de formación de profesionales en México desde 1900 hasta 1961.

Esto ha permitido reconstruir el entramado histórico en el que los científicos desarrollaron la mecánica cuántica en Europa entre 1900 y 1927. Además, a través de él se identificó a los científicos mexicanos que tomaron algún curso en universidades europeas y estadounidenses sobre mecánica cuántica. Lo que generó establecer las redes académicas y científicas en las que participaron; dentro de las fue posible encontrar las relaciones de poder que crearon. Una vez que realizados estos objetivos se analiza el panorama de la ciencia mexicana entre 1900 y 1961. Para ello se estableciendo el rol de los intelectuales mexicanos en la difusión del conocimiento de la física en general y la mecánica cuántica en particular. Posteriormente se examinó el papel social que desarrollaron los diferentes científicos que defendían el paradigma cuántico para institucionalizar este conocimiento en sus disciplinas científicas.

La hipótesis de la cual se partió en esta investigación fue que el paradigma de la mecánica cuántica trastocó toda la ciencia de tal forma que se ha vuelto imperceptible a nuestra realidad social. Esta explicación que modificó la interpretación científica tardó en ser aceptada en Europa. Aunque, tiempo después, ante la evidencia fue reconocida como una explicación del mundo natural suficientemente válida.

Los científicos mexicanos de física, química, astronomía y matemáticas que fueron estudiar a universidades europeas y estadounidenses se vieron insertos en esta explicación de la realidad física. De acuerdo con este punto, se demuestra que cuando algunos de ellos volvieron a México decidieron aplicar dichos saberes en sus áreas de estudio. De tal manera que, los científicos formados en universidades extranjeras y sus posteriores alumnos actuaron dentro de sus comunidades científicas de acuerdo a la idea de ciencia que conocían a partir de sus experiencias. Esta condición les fue otorgada por ser los únicos en el país que poseían conocimientos sobre física nuclear y mecánica cuántica. Por lo tanto, se puede suponer que esos grupos dentro de las comunidades científicas difundieron su estilo de institucionalización sobre diversas áreas de la ciencia en México entre 1900 y 1961.

Antes de adentrarse en la investigación, hay que resaltar el estado en el que se encuentra el tema de la ciencia, la física y la mecánica cuántica en la historiografía actual. La bibliografía sobre la historia de la ciencia es extensa. Existe una larga lista de obras sobre diferentes temáticas en torno a la ciencia en diferentes partes del mundo y en diferentes épocas. Esta situación se extiende a la ciencia en México. Como el fin perseguido en este apartado de la investigación no es hacer una lista interminable de textos sobre la historia de la ciencia en México a continuación se señalan algunos que se tomaron como base de esta investigación. Un buen número de ellos en este trabajo se han utilizado como guía metodológica para organizar la información y en muchos de los casos como guía teórica para la interpretación de las fuentes.

Se organizó la información de la siguiente manera: en primer lugar, se exponen los textos sobre estudios de la ciencia en general que abordan cuestiones teóricas y metodológicas. En un segundo punto, se presentan los textos especializados en historia de la ciencia sobre física y química en el contexto internacional. En el tercer punto se exponen los textos sobre la historia de la ciencia en México. En cuarto lugar, se alude a los estudios que se han realizado sobre la institucionalización de la ciencia en México. Finalmente, aparecen los textos que tienen como tema principal la historia de la mecánica cuántica. Con esta división, un tanto artificial que se hace de las obras y artículos, es claro que todas dentro de sus temáticas tocan diferentes vectores y que muchos casos disertan sobre temas comunes.

Fuentes teórico- metodológicas

Historias de la ciencia: teorías y metodologías.

La historiografía para el estudio de las comunidades académicas, así como grupos y redes se ha incrementado en los últimos años. La lista de libros y artículos sobre metodología en historia de la ciencia es larga. Este aumento en la literatura sobre el tema tiene que ver, aunque no esencialmente, con la interpretación y análisis que propuso Kuhn, en la *Estructura...*¹⁷ La cual es una de las más conocidas y utilizadas para analizar la ciencia. A partir de la conceptualización y taxonomía que elaboró de las ciencias, y sus interpretaciones tanto externalista como internalista, Kuhn expuso que no todas las revoluciones son visibles. Al contrario, los periodos de “ciencia normal” son los más comunes en el desarrollo científico y, por ende, nos

¹⁷ Thomas S. Kuhn, *La Estructura de las revoluciones científicas*, op. cit, pp. 23- 130.

ayudan a acercarnos a las comunidades científicas; sin embargo, una de las contribuciones más acabadas de Kuhn es la separación entre internalismo y externalismo en la ciencia. Esta división, que hasta el momento de ser elaborada por Kuhn no había llamado la atención de otros especialistas en la historia de la ciencia, presentó nuevas interpretaciones del desarrollo de la ciencia.

La influencia del texto de Kuhn ha sido tal, que podemos leer libros y artículos que analizan su pensamiento y su propuesta metodológica.¹⁸ Hay otros autores que reconocen el aporte que la propuesta kuhniana ha tenido en su obra como Ana Rosa Pérez Ransanz¹⁹ para la historiografía mexicana o Sober Eliot²⁰ en el ámbito académico anglosajón. De esto se desprende la importancia que tiene el pensamiento de Kuhn en diferentes áreas como la historia, filosofía y sociología de la ciencia.

Pero *La estructura...*, no fue el único aporte que realizó Kuhn a la comprensión de la historia de la ciencia, su obra intitulada *La tensión esencial*²¹ es otra de las contribuciones que realizó el pensador estadounidense. Este texto, que reunió una serie de artículos publicados en diferentes revistas académicas

¹⁸ Por sólo mencionar algunos: Godfrey Guillaumin, *Historia y estructura de La estructura. Origen del pensamiento histórico de Thomas Kuhn*, México, UAM-I, 2012; Barnes Barry, *Thomas Kuhn y las ciencias sociales*, México, Fondo de Cultura Económica, 1982; Wenceslao J. González, *Análisis de Thomas Kuhn: Las revoluciones científicas*, Madrid, Trotta, 2004; Carlos Solís Santos (comp.), *Alta Tensión: Historia, filosofía y sociología de la ciencia*, Barcelona, Paidós, 1998 y León Olivé, “La estructura de las revoluciones científicas: cincuenta años”, *Revista Iberoamericana de Ciencia y Tecnología*. vol. 8, núm. 22, enero, pp. 133-151. Recuperado de http://www.revistacts.net/files/Volumen%208%20-%20N%20FAMero%2022/Olive_EDITADO.pdf; Oscar Barragán, “¿Por qué Thomas Kuhn escribe una posdata a su libro “La Estructura de las Revoluciones Científicas?””, Colombia, *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, Vol. IX, Número 18-19, pp. 23- 28. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/414/41411852002.pdf>

¹⁹ Ana Rosa Pérez Ransanz, *Kuhn y el cambio científico*, México, Fondo de Cultura Económica, 1999, p. 13.

²⁰ Eliot, Sober, *Reconstructing the Past. Parsimony, Evolution and Inference*, Cambridge, Massachussets, MIT, 1990, p. 21.

²¹ Thomas S. Kuhn, *La tensión esencial. Estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia*, México, Fondo de Cultura Económica, 2016.

estadunidenses y europeas, presenta como hilo conductor el trabajo que se hace para considerar válido un paradigma o modelo explicativo. La dicotomía entre la visión externalista y la visión internalista ocupa también una buena parte del trabajo. En palabras del propio autor la intención de reunir los textos fue: “aclarar que su obra no trabaja sobre el campo de la historia externalista, pero si para llamar la atención del trabajo que falta por hacer”²² en esa área de la historia. Estos aportes fueron retomados en la elaboración de esta investigación.

Así como el trabajo de Kuhn sirvió de inspiración para gran número de nuevas publicaciones sobre la historia de la ciencia, las interpretaciones y aportaciones de Alexandre Koyré son imposibles de soslayar. Los trabajos de Koyré resultaron trascendentales, debido a que, a través de la historia de las ideas, a la cual consagró su obra, permitió realizar explicaciones internalistas de la ciencia. La indagación de las teorías, axiomas y conceptos de la ciencia fueron parte de los grandes aportes que el investigador francés, de origen ruso, propuso como eje fundamental para la explicación de los hechos de la ciencia. Koyré es el modelo de un historiador que se adentró en los terrenos de la ciencia para explicarla desde sus bases, fundamentalmente, matemáticas.

A lo largo de sus libros más conocidos, titulados *Estudios galileanos*²³, *Del mundo cerrado al universo infinito*²⁴ y *Estudios de historia del pensamiento científico*,²⁵ buscó demostrar que los historiadores analicen, no sólo los procesos

²² *Ibid.* p. 15.

²³ Alexandre Koyré, *Estudios galileanos*, México, Siglo XXI, 2009.

²⁴ Alexandre Koyré, *Del mundo cerrado al universo infinito*, México, Siglo XXI, 2008.

²⁵ Alexandre Koyré, *Estudios de historia del pensamiento*, *op. cit.*

sociales de la ciencia (interpretación que rechazaba debido a que, para él, era una interpretación marxista de la historia de la ciencia), sino, esencialmente, los procesos internos. Su finalidad era comprender por qué se desenvuelven las teorías como proceso científico.

Para Koyré la ciencia sustancialmente se debe analizar desde los procesos internos de las ideas de los científicos. En este sentido es que se puede aportar a la ciencia ya que la construcción de conceptos aplicables para describir la realidad es lo que importa.²⁶ La reconstrucción elaborada por los historiadores debe problematizar la relación entre el proceso histórico social y la historia de las ideas, así como sus transformaciones para responder a las preguntas del historiador. A pesar de que Koyré escribió la gran mayoría de sus obras en la década de 1940 y la primera mitad de la década de 1950, sus primeras traducciones al inglés ocurrieron a finales de la década de 1960. Por lo que, durante mucho tiempo, sus aportaciones pasaron sin ser leídas por aquellos pensadores e investigadores sin conocimiento del francés.

En tanto la ciencia tiene que entenderse desde dentro de ella como desde fuera. Para el caso del desarrollo interno, el trabajo de Koyré es representativo, quien tomó en cuenta la definición de revolución para el ámbito político como un cambio intencional para explicar las revoluciones científicas. Entonces, la revolución científica, siguiendo a Alexandre Koyré, comprende la construcción de un mundo

²⁶ Alexandre Koyré, *Estudios galileanos...op. cit.* p.9.

que busca reestructurarse.²⁷ El problema de la revolución científica no termina ahí para el teórico franco- ruso ya que, para él, la revolución científica es

...la historia del pensamiento humano que trata con obstinación los mismo eternos problemas, encontrando las mismas dificultades, luchando sin tregua contra los mismos obstáculos y forjando lenta y progresivamente los instrumentos y herramientas, es decir, los nuevos conceptos, los nuevos métodos de pensamiento, que permitirían por fin superarlos.²⁸

Es por ello, que la propuesta de Koyré puede ser entendida como una historia de las ideas y ser desarrollada para la explicación internalista.

Un autor aún poco conocido fuera del círculo de los sociólogos es Bruno Latour, quien con un par de libros: *Ciencia en acción*²⁹ y *la Esperanza de Pandora*,³⁰ analiza, la formación de redes de acceso al conocimiento, grupos científicos, así como el poder político y económico, que se han instaurado en las ciencias. A partir de las ideas de Robert Merton, Latour explica, según sus investigaciones, que la ciencia funciona como producto social y parte de la sociedad misma. Según Latour, la ciencia tiene mecanismos que, al emanar de la sociedad, la determinan en su desarrollo interno a través de las redes económicas y políticas.

Para el sociólogo francés, debe existir una interacción entre la historia externalista e internalista, ya que de otra manera se corre el riesgo de hacer una historia de los científicos y no historia de la ciencia. Entonces el historiador debe

²⁷ Alexandre Koyré, *Del mundo cerrado al universo infinito*, op. cit., p.8

²⁸ Alexandre Koyré, *Estudios de historia del pensamiento científico*, op. cit., p. 180.

²⁹ Bruno Latour, *Ciencia en acción. Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*, Barcelona, Universitat de Barcelona, 1992.

³⁰ Bruno Latour, *La Esperanza de Pandora. Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*, op. cit., 2001.

vincular lo interno con lo externo para observar cuál es la periferia y cuáles son sus vínculos.³¹

Hay otros textos que son de igual importancia para las explicaciones elaboradas en la historia de la ciencia. *El progreso y sus problemas*³² de Larry Laudan es una obra que ha tenido impacto en investigadores como José Marquina.³³ En *El progreso y sus problemas*, Laudan propone concebir el desarrollo de la ciencia como parte de una tradición y programas de investigación, entendidos estos dos conceptos como los que pueden resolver la pertenencia de una investigación a una teoría científica.³⁴ La influencia de los filósofos de la ciencia, Karl Popper e Imre Lakatos, es notoria en la obra de Laudan, sobre todo, cuando hace mención de la construcción de sistemas instrumentales y formas de prueba y evaluación.³⁵

Una metodología que empezó desde las primeras décadas del siglo XX fue la de la historia social de la ciencia. Esta propuesta de tipo externalista que propusieron Boris Hessen³⁶ y John Desmond Bernal,³⁷ parte de la premisa de que para entender el progreso de la ciencia es menester explicar el desarrollo socioeconómico de la época con la finalidad de entender a cabalidad el proceso estudiado. Su objeto de estudio se centra en las relaciones de producción y el crecimiento demográfico de la época estudiada. El problema con esta historia

³¹ *Ibid.* pp. 130 -134.

³² Larry Laudan, *El progreso y sus problemas*, Madrid, Ediciones Encuentro, 1986.

³³ José Marquina, *La tradición de investigación newtoniana*, México, UAM-I, 2006.

³⁴ Larry Laudan, *op. cit.* p. 22.

³⁵ *Ibid.* p. 23.

³⁶ Boris, Hessen, "Las raíces socioeconómicas de la mecánica de Newton...*op.cit.*", pp. 79- 156.

³⁷ John D. Bernal, *op. cit.*, 2001.

externalista, es que sólo vela por planteamientos de índole socioeconómico; se interesa poco por las comunidades científicas y, por lo tanto, no busca explicar cómo interaccionan los individuos pertenecientes a una disciplina científica.³⁸ Al realizar el balance sobre las obras de Hessen y Bernal se debe recordar que éstas fueron elaboradas en el caso de Hessen en la primera mitad del siglo XX, y en el caso de Bernal durante la era de la posguerra de la Segunda Guerra Mundial.

Como historiadores no podemos dejar de observar la multicausalidad de los procesos sociales. Luego entonces, no por explicar las causas, relaciones y consecuencias externas de un postulado científico se ha de dejar de lado su comprensión interna, lo que significa que se debe analizar la acumulación de conocimiento que derivó en el estado actual de la ciencia.

Existen otras metodologías que se han propuesto para la historia de la ciencia. Sin embargo, se consideran las cinco perspectivas teórico- metodológicas aquí presentadas, por ser las que mayor número de seguidores han cosechado. Otras metodologías como las propuestas por Imre Lakatos, Karl Popper, Paul Feyerabend o Carl Hempel, especialmente las últimas dos, fueron elaboradas para el campo de la filosofía de la ciencia, y específicamente para la lógica matemática. Esta situación hizo que los historiadores no vieran esas metodologías como una opción para explicar el desarrollo de los procesos históricos.

[Historias de la ciencia sobre física y química.](#)

Referente a las historias de la ciencia que se han realizado para explicar el desarrollo científico en otras partes del mundo, la obra de Bernard Cohen es una

³⁸ Thomas S. Kuhn, *La tensión esencial...op. cit.* p. 145.

referencia obligada. Cohen es un autor clásico de la historia de la ciencia, quien además tiene una amplia lista de trabajos en el campo de la historiografía de la ciencia, principalmente relacionada con la época de la Ilustración occidental.³⁹ Benjamin Franklin e Isaac Newton fueron personajes centrales de sus estudios.

La propuesta que elaboró Cohen en su vasta obra puede sintetizarse en su concepto de *Revolución*. El autor entiende por *Revolución científica*, un proceso con etapas delimitadas que, esencialmente, se da a un nivel conceptual de orden epistemológico. El texto *Revolución en la ciencia*, es un ejemplo de la manera en que Cohen organiza el estudio de las ciencias biológicas, químicas, físicas, matemáticas y astronómicas de forma conceptual y llega a la conclusión de que éstas y las artes progresan casi al mismo tiempo. Este libro de Cohen es mencionado en este apartado porque tiene una característica que resulta interesante: para él no hay una *Revolución científica*, sino que hay muchas revoluciones en diferentes ámbitos de la realidad lo cual influyó en el pensamiento de otros autores.⁴⁰

Un texto sobre los estudios que llevaron a cabo los protagonistas de la creación del paradigma cuántico y relativista es: *Los creadores de la nueva física*⁴¹ de Barbara Lovett Cline. Originalmente publicado en lengua inglesa, muestra en

³⁹ Vid. Bernard Cohen, *Revolución newtoniana y las transformaciones de las ideas científicas*, Madrid, Alianza, 1983; *El nacimiento de una nueva física*, Madrid, Alianza, 1989 y *El triunfo de los números*, Alianza Editorial, 2007.

⁴⁰ Bernard Cohen, *Revolución en la ciencia*, Madrid, Gedisa (colección Límites de la ciencia, volumen 10), 2002, pp. 31- 33.

⁴¹ Barbara Lovett Cline, *Los creadores de la Nueva Física*, México, Fondo de Cultura Económica (colección breviarios, 134), 2004.

poco más de trescientas páginas, el desarrollo de la física desde Rutherford hasta culminar con la polémica Bohr- Einstein sobre la relatividad y la mecánica cuántica.

La temporalidad que abarca la autora es desde 1909, año en que Ernest Rutherford (1871- 1937) ingresó al laboratorio de la Universidad de Manchester, y termina a mediados de la década de 1950. El texto es de lectura fácil debido, en gran parte a su escritura anecdótica, por lo que no presenta elementos teóricos físico- químicos abundantes. Cline expone para los legos la transición de la relación entre la difracción de la luz y los descubrimientos que aclaran la naturaleza del átomo. Según la autora esta explicación se transformó en un elemento primordial en la teoría cuántica y la física relativista.

Las fuentes son un elemento rescatable de este texto. La autora rastreó documentos de Niels Bohr (1885- 1962); Paul Dirac (1902- 1984); Pascual Jordan (1902- 1980); Werner Heisenberg (1901- 1976); Erwin Schödinger (1887- 1961); Arthur Stanley Eddington (1882 -1944) y Peter Debye (1884- 1966). El libro presenta entrevistas realizadas a diversas personas relacionadas con los físicos.

Un libro que se puede incluir en esta sección es el escrito por Loyd Swenson intitulado *Genesis of Relativity*,⁴² de poco más de doscientas cincuenta páginas, que tiene como temática principal ubicar el pensamiento relativista de Einstein en el contexto sociopolítico de las Guerras Mundiales. Por lo cual, llevando a cabo un estudio de historia de las ideas, logra rastrear el relativismo hasta Newton. En el

⁴² Loyd Swenson Jr., *Genesis Relativity. Einstein in context*, New York, Burt Franklin and Co., 1982.

escrito de Swenson, el pensamiento histórico tiene un papel importante al identificar al Estado como un elemento decisivo en la construcción de las ciencias naturales.

Dentro de este análisis, la mecánica cuántica aparece como un descubrimiento continental donde personajes como Maxwell, Thompson, Helmholtz, Hertz, Planck, Schrödinger y Einstein son parte del ideal de ciencia pura e internacional entre los europeos. El escrito muestra cómo los Estados Unidos se hacen, mediante migraciones, de un buen número de científicos europeos y se apropian de la ciencia europea desde 1933 con la llegada de los nazis al poder en Alemania. En ese momento empezó la fuga de científicos de Europa hacia los Estados Unidos, proceso que culminó en 1945 con el fin de la Segunda Guerra Mundial. En ese país los científicos europeos encuentran cabida. La figura de Einstein resulta representativa de este momento.

Brian Easlea en su libro *La liberación social y los objetivos de la ciencia*⁴³ propone el estudio de la física a la luz del desarrollo de las sociedades y sus crisis ideológicas en el lapso de las dos guerras mundiales. El autor visualiza a los científicos como agentes sociales quienes elaboraron una ciencia respaldada por los Estados. Los presenta como parte de una sociedad compleja que sufrieron las crisis de sus respectivos sistemas.

Publicado en 2016 en español, y originalmente en francés en 2015, *Antes de Einstein: relatividad, luz y gravitación*⁴⁴, escrito por Jean Eisenstaedt, retoma la

⁴³ Brian Easlea, *La liberación social y los objetivos de la ciencia*, Madrid, Siglo XXI, 1981.

⁴⁴ Jean Eisenstaedt, *Antes de Einstein: relatividad, luz y gravitación*, México, Fondo de Cultura Económica, 2016.

temática del relativismo. Teoría que habitualmente se considera einsteniana no lo es del todo. Por lo que la relatividad no es una idea propia de la generación de científicos de principios del siglo XX, sino que es tan vieja como la misma teoría de la gravedad de Newton. La originalidad del libro radica en que propone a Robert Blair como el autor de la relatividad y de algunos postulados de la teoría cuántica. El texto hace uso de una metodología de historia de las ideas para rastrear los elementos constitutivos de la ciencia moderna.

Un buen cumulo de artículos en diversas revistas de historia de la ciencia extranjeras, y principalmente en inglés y alemán, hacen estudios sobre la importancia de los científicos en torno a la física y su ulterior desarrollo en el siglo XX. Entre estos artículos, de temática sociocultural, se encuentran: *A Humanist look at Max Planck*⁴⁵ y *Max Planck and Adolf Hitler*.⁴⁶ Estos textos muestran diversas aristas para entender no sólo a Planck, sino a algunos científicos que trabajaron con él.

Los artículos muestran a los científicos como sujetos comprometidos con su sociedad, con el conocimiento y la investigación en la física. Buscando siempre que la ciencia fuera un ideal puro donde la indagación insoslayable de la verdad fuera el fin de la ciencia. El autor presenta a los científicos alrededor de Max Planck atentos a los acontecimientos de la sociedad alemana, y europea en general. Estos

⁴⁵ James C. O'Flaherty, "A Humanist look at Max Planck" en *American Scientist*, Vol. 47, No. 1, marzo 1959, pp. 68-79

⁴⁶ James C. O'Flaherty, "Max Planck and Adolf Hitler" en *AAUP Bulletin*, Vol. 42, No. 3, Autumn, 1956, pp. 437-444

científicos buscaron en los congresos Solvay que la ciencia fuera una alianza entre los pueblos.

Historias de la ciencia en México

Entre los textos clásicos de la historia de la ciencia en México se encuentran los escritos de Elí de Gortari donde resalta su investigación de 1963: *La ciencia en la historia de México*.⁴⁷ Esta obra ofrece un recorrido histórico por varias épocas donde demuestra que la ciencia es una actividad humana que aparece en cualquier sociedad. En ese libro, de Gortari presenta un cuadro un tanto fatalista de la historia de la ciencia en México, ya que si bien, reconoce que si ha habido avances de la ciencia mexicana, estos se restringen, en su mayoría, a la época prehispánica, ya que durante la Colonia y posterior a ella, los avances han sido escasos.⁴⁸

La obra de Eli de Gortari es un clásico de la historiografía de la ciencia en nuestro país, muchas de sus afirmaciones han sido corregidas, por alumnos suyos u otros investigadores posteriores. A pesar de los años que han trascurrido desde la publicación del texto no se puede dejar de lado este referente historiográfico.

Además de Elí de Gortari, otro de los historiadores se ha convertido en una referencia obligada para cualquier interesado que se acerque a la historia de la ciencia. Uno de ellos es Elías Trabulse quien con diferentes libros y artículos publicados ha contribuido a la historiografía. En este punto es menester recordar uno de sus escritos fundamentales: *El círculo roto*.⁴⁹ Originalmente los textos que

⁴⁷ Elí de Gortari, *La ciencia en la historia de México*, México, Fondo de Cultura Económica, 2da edición, 2014.

⁴⁸ *Ibid.* p. 42.

⁴⁹ Elías Trabulse, *El círculo roto. Estudios históricos sobre la ciencia en México*, México, Fondo de Cultura Económica (Serie Tezontle), 1996.

componen este libro fueron artículos publicados en diferentes revistas en México. Uno de los elementos que destacan en el libro es su explicación externalista de la ciencia, es decir: Trabulse busca los elementos sociales que derivaron en alguna explicación científica por parte de lo que él llama “los pre- científicos” mexicanos.

En *Los orígenes de la ciencia moderna en México (1630- 1680)*,⁵⁰ Trabulse expone el desarrollo de la ciencia en México a través del análisis de diferentes textos de la época colonial. Ahí el autor concluye que la ciencia en el México actual es resultado del desarrollo histórico de la ciencia novohispana. Con esta premisa, Trabulse intentó eliminar la leyenda sobre la ciencia colonial, que arguye que la sociedad novohispana los habitantes permanecieron en la ignorancia. Sin embargo, su monumental obra *Historia de la ciencia en México* de 5 tomos fue una de las empresas más grandes que se hayan llevado a cabo en la historiografía mexicana.⁵¹ Esta obra abarca desde el siglo XVI hasta el siglo XIX y presenta escritos de personajes como Fray Juan de Torquemada, José Antonio Alzate y Leopoldo Río de la Loza, además de incluir un análisis del desarrollo de las ciencias durante esos siglos.

La Universidad de Quintana Roo publicó un libro en 2015, resultado de una investigación llevada a cabo en el Posgrado de Humanidades, Doctorado de historia de la UAM-I en 2006. El libro es particular tanto por el tema como por el tipo de explicación que utiliza para vincular la llegada de las teorías expuestas en los

⁵⁰ Elías Trabulse, *Los orígenes de la ciencia moderna en México (1630- 1680)*, México, Fondo de Cultura Económica, 2014.

⁵¹ Elías Trabulse, *Historia de la ciencia en México (versión abreviada)*, México, Fondo de Cultura Económica/ CONACYT, 1994.

Principia Mathematica de Isaac Newton a la Nueva España. El título del libro es *Newton en la ciencia novohispana* de Juan Manuel Espinosa Sánchez.

La premisa es que la comunidad científica de la Nueva España conoció, leyó e interpretó las teorías expuestas por el filósofo naturalista inglés y las adaptó a su realidad social. Un elemento importante por rescatar en este texto es la metodología para rastrear y reconstruir la transmisión de conocimientos científicos en la sociedad colonial. Espinosa Sánchez lo hace a través de las bibliotecas de la época, buscando así conocer los intereses intelectuales de una parte de la sociedad novohispana. Para lograr este objetivo se apoyó en los preceptos teóricos de Roger Chartier. Los cuales sirven metodológicamente para analizar una época igual de importante para la ciencia como lo es el paradigma de la mecánica cuántica en la construcción de la ciencia mexicana en la primera mitad del siglo XX.

Casos como éste se han vuelto más comunes en la historiografía mexicana. El trabajo que Federico Lazarín Miranda y Martha Ortega Soto coordinaron en 2016, así lo demuestra. *Los inicios de la física nuclear y el Fondo Manuel Sandoval Vallarta. Estudios de caso*,⁵² es una serie de colaboraciones, en las cuales se usan distintas metodologías y propuestas conceptuales. A partir de ellas se estudia la vida de Manuel Sandoval Vallarta con la finalidad de explicar su participación en la ciencia mexicana.

A lo largo de los capítulos del texto los autores presentan una gran cantidad de personajes “secundarios” que inicialmente no tenían relación con el personaje

⁵² Martha Ortega Soto y Federico Lazarín Miranda (Coords.), *Los inicios de la física nuclear y el Fondo Manuel Sandoval Vallarta. Estudios de caso*, México, Ediciones Lirio/UAM-I, 2016.

central de la investigación, pero cobran relevancia cuando tejen redes familiares, académicas y políticas. Por lo tanto, es importante colocar este texto en este apartado ya que sirve de ejemplo de la construcción de redes. Es a través de este tipo de trabajos que se demuestra que los científicos tienen múltiples contactos con otras áreas de la realidad fuera del laboratorio y las aulas.

La saga de la ciencia mexicana,⁵³ coordinado por Jorge Bartolucci es uno de los textos que se han realizado sobre las comunidades científicas. Los capítulos abordan a los científicos como actores sociales, es decir: sujetos que no sólo estaban en el laboratorio o las aulas. Bartolucci los presentan en diferentes escenarios donde se van conformando redes académicas y políticas. Este libro es otro ejemplo de lo que se ha trabajado en la historiografía mexicana ya que coloca a los científicos en distintas dimensiones sociales. La profesionalización de los saberes es un eje que atraviesa todos los capítulos. De tal suerte que se incluye a los ingenieros, astrónomos, químicos, matemáticos, físicos y geólogos como sujetos determinantes en la construcción de las comunidades científicas modernas.

[Historias de la institucionalización de la ciencia en México](#)

La historia de la institucionalización en México es uno de los temas que más se han trabajado en la historiografía mexicana. Es claro que no se puede hacer un corte abrupto con los trabajos mencionados líneas atrás. No obstante, en las líneas subsecuentes se presentan el eje principal de la institucionalización de las ciencias en México.

⁵³ Jorge Bartolucci (coord.) *La saga de la ciencia mexicana. Estudios sociales de sus comunidades: siglos XVIII al XX*, México, UNAM, 2011.

Las áreas científicas trabajadas han sido distintas, entre ellas: la biología y la medicina. *Historia Mexicana*, revista de El Colegio de México publicó en 1999, un artículo sobre Alfonso Luis Herrera e Isaac Ochoterena y la institucionalización de la biología en México”⁵⁴ de Ismael Ledesma Mateos y Ana Barahona Echeverría. En este texto de 41 páginas, los autores retoman la metodología de Kuhn desde la cual diferencian los saberes, las prácticas, las instituciones y la profesionalización de la biología.

Más allá de ser otro artículo sobre la institucionalización de la ciencia, la perspectiva que ocuparon los autores es lo que llama la atención. Analizan la consolidación de la biología como “una red articulada de ideas, nociones, prejuicios y conceptos [...] que constituyen el discurso que es lo que permitirá actuar a los científicos en lo individual y como miembros de una comunidad”.⁵⁵ Esta postura metodológica tomada de Foucault les permitió explorar las redes desde los discursos que cada miembro de la comunidad fue elaborando a través de las comunidades científicas.

Reciente apareció en las páginas de *Historia Mexicana* un artículo de Gabriela Castañeda López y Ana Cecilia Rodríguez de Romo. El texto lleva por título: “Henry Sigerist y José Joaquín Izquierdo: dos actitudes frente a la historia de la medicina en el siglo XX”.⁵⁶ Éste trata sobre la correspondencia que mantuvieron

⁵⁴ Ismael Ledesma Mateos y Ana Barahona Echeverría, “Alfonso Luis Herrera e Isaac Ochoterena: La institucionalización de la biología en México” en *Historia Mexicana* (enero- marzo), México, El Colegio de México, Vol. 48, Número 3, 1999, pp. 635- 674.

⁵⁵ *Ibid.* p. 636.

⁵⁶ Gabriela Castañeda López y Ana Cecilia Rodríguez de Romo, “Henry Sigerist y José Joaquín Izquierdo: dos actitudes frente a la historia de la medicina en el siglo XX” en *Historia Mexicana* (julio- septiembre), México, El Colegio de México, Vol. 57, Número 7, 2007, 139- 191.

Sigerist e Izquierdo entre 1937 y 1957, con la finalidad de conocer la realidad latinoamericana en el campo de la medicina durante esos años. Por medio de la correspondencia intercambiada entre estos personajes se observó el rol que tuvieron en la asignación de estancias. Estudiantes de medicina y médicos graduados se beneficiaron de su relación con los personajes centrales para obtener estancias de especialización en instituciones de los Estados Unidos. El texto muestra como los médicos latinoamericanos fueron construyendo redes de intercambio de conocimiento. Existen otros artículos en *Historia Mexicana*, pero lamentablemente estos son en su mayoría de los años de la década de 1960 y 1970, razón por la que no se mencionan aquí.⁵⁷

Otros textos importantes sobre la ciencia mexicana que versan sobre la institucionalización de las ciencias básicas y sus postulados en México son: *Contracorriente: Historia de la energía nuclear en México (1945- 1995)*,⁵⁸ e *Historia de la energía nuclear en México, 1933- 1963*.⁵⁹ En el primero de ellos, escrito por Luz Fernanda Azuela y José Luis Talancón, los autores rescatan la importancia que tienen los estudios históricos en la reconstrucción y explicación de los procesos provenientes de las ciencias naturales que, de manera natural. El segundo de los textos es de José Raúl Domínguez, quien elaboró una investigación sobre los

⁵⁷ Vid. German Somolinos D'Ardois "Veinticinco años de investigación histórica en México" en *Historia Mexicana* (Octubre – Marzo), México, El Colegio de México, Vol. 15, Número 2-3, 1966, pp. 342- 344.

⁵⁸ Luz Fernanda Azuela y José Luis Talancón, *Contracorriente: historia de la energía nuclear en México (1945-1995)*, México, Plaza y Valdés Editores, 1999, 469 pp.

⁵⁹ José Raúl Domínguez, *Historia de la física nuclear en México, 1933-1963*, México, CESU/Plaza y Valdés, 2001 y *La ingeniería civil en México 1900-1940. Análisis histórico de los factores de su desarrollo*, México, IISUE, 2013; "Los orígenes de la física nuclear en México", en *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad- CTS*, Argentina, Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior, Vol. 7, Núm. 21, agosto, 2012, pp. 95- 112.

físicos, químicos e ingenieros en México y su importancia en la generación de energía nuclear. En este libro, el autor relacionó a los académicos mexicanos como piezas clave en la consolidación de la energía nuclear en México con la Guerra Fría como telón de fondo.

En tanto, sobre la Química, desde el año 2001 se ha comenzado una labor de rescate de la historia de la Química moderna en México. Patricia Aceves Pastrana coordinó el libro, *Leopoldo Río de la Loza y su tiempo. La construcción de la ciencia nacional*.⁶⁰ En este libro al igual que en otros trabajos⁶¹ que ha realizado, Aceves Pastrana indaga la institucionalización de las ciencias biológicas, químicas y médicas. La autora entiende por institucionalización, la relación entre la profesionalización de los saberes, así como la consolidación y fundación de institutos que normen a los miembros de sociedades científicas.⁶²

El caso de los astrónomos ha sido tratado por Jorge Bartolucci en *La modernización de la ciencia en México. El caso de los astrónomos*.⁶³ Esta obra va entretejiendo redes de poder entre astrónomos y políticos desde los inicios del siglo XX hasta la década de 1960. El estudio se enfoca en Joaquín Gallo, Luis Enrique Erro y Guillermo Haro. A través de las relaciones políticas que van construyendo estos personajes y de los discursos que logró recuperar, el autor explica la

⁶⁰ Patricia Aceves Pastrana, *Leopoldo Río de la Loza y su tiempo...op. cit.*

⁶¹ Patricia Aceves Pastrana “La crisis de la farmacia en México en el cambio de siglo (XIX-XX)” en Francisco Javier Dosil y Gerardo Sánchez (coords.), *Continuidades y rupturas, una historia tensa de la ciencia en México*, México, Instituto de Investigaciones Históricas/ Gobierno del Estado de Michoacán/ Facultad de Ciencias de la UNAM, 2010.

⁶² Patricia Aceves Pastrana, “Química y farmacia en la obra de Leopoldo Río de la Loza” en Patricia Aceves Pastrana (coord.), *Leopoldo Río de la Loza y su tiempo. La construcción de la ciencia nacional, op. cit.* p. 288 y 293.

⁶³ Jorge Bartolucci, *La modernización de la ciencia en México. El caso de los astrónomos*, México, UNAM, 2002.

institucionalización de la astronomía en México. Que México tuviera un programa sobre astronomía exitoso contrastaba con la realidad social del país entre 1910 y 1960.

Como se observa hasta este momento, los estudios sobre la institucionalización de la ciencia en México giran en torno a los físicos, matemáticos, biólogos, médicos, químicos, y astrónomos. La posición privilegiada de algunos de ellos fue importante para constituir sociedades científicas. Dichas sociedades tenían que demostrar su utilidad a la consolidación de la ciencia, la sociedad, pero, ante todo para el Estado. Razón por la cual, buscaron acceder a los recursos emanados de éste.

No solo fueron los físicos y los matemáticos quienes buscaron la consolidación de sus áreas de conocimiento en la academia mexicana. Los químicos y los astrónomos con igual grado de interés buscaron que sus áreas de estudio fueran reconocidas. No es casualidad que las sociedades de química y astronomía fueran creadas en la década de 1950 a la par que las de física y matemáticas. Es de esta manera que la presente investigación pretende aportar al esclarecimiento de este proceso de institucionalización de las ciencias, mediante el análisis de la formación, y difusión de la mecánica cuántica en estas áreas.

[Historia de la mecánica cuántica en México](#)

La cantidad de escritos que se han elaborado sobre el tema de la mecánica cuántica es abundante, incluso necesitaríamos un estudio de índole cuantitativo para señalar los múltiples y variados escritos existentes sobre el tema. Es uno de los temas más trabajados en la segunda mitad del siglo XX. Tiene tantas aristas que

en términos generales podemos clasificar la literatura en aquella que es especializada para físicos, químicos, astrofísicos y matemáticos. En muchos de los cuales sin la preparación adecuada en el lenguaje de esas ciencias difícilmente se puede acceder a ese conocimiento.

Los textos especializados constituyen un buen número de publicaciones de temas variados; Max Planck y sus radiaciones del cuerpo negro, Einstein y el efecto fotoeléctrico, Bohr y el modelo atómico, Louis de Broglie y la dualidad entre onda y corpúsculo,⁶⁴ Wolfgang Pauli y su principio de exclusión, Erwin Schrödinger y sus ecuaciones de onda, Werner Heisenberg y su principio de incertidumbre,⁶⁵ Paul Dirac y la antimateria, por sólo enunciar algunos temas que se trabajan en estas áreas del conocimiento. Poco mencionado, pero de suma importancia, es el trabajo realizado por David Hilbert (1862- 1943) y Kurt Gödel (1906- 1978) desde las matemáticas hacia la mecánica cuántica y la relatividad.

En México, Luis de la Peña es un académico reconocido en el campo de la mecánica cuántica que ha publicado a través del FCE y la UNAM, diferentes libros sobre el tema. Todos ellos dirigidos a un público especializado en física, química matemáticas o astrofísica.⁶⁶

La segunda arista es referente a los estudios que se han elaborado sobre cómo llegaron los sujetos pertenecientes a diferentes comunidades científicas a tal modelo explicativo. A aquí podemos incluir los estudios que de las ciencias sociales

⁶⁴ Luis de Broglie, *La física nueva y los cuantos*, Madrid, Editorial Losada, 1965.

⁶⁵ Werner Heisenberg, *La imagen de la naturaleza en la física*, Barcelona, Seix- Barral, 1967.

⁶⁶ Vid. Luis de la Peña, *Introducción a la mecánica cuántica*, México, Fondo de Cultura Económica, 2016.

y las humanidades se han hecho sobre el tema de la mecánica cuántica. En este punto se encuentra la dificultad de localizar bibliografía de humanidades o ciencias sociales para observar el desarrollo de la mecánica cuántica en México.

La mecánica cuántica en México,⁶⁷ compilado por la física e historiadora María de la Paz Ramos Lara esclarece los inicios de la mecánica cuántica en México. En los capítulos se hace mención de algunos precursores tanto de la física, la química, la astronomía y las matemáticas. En ellos los autores ofrecen un panorama general de los avatares que pasaron para implantar el modelo cuántico en sus áreas de conocimiento.

Este trabajo abre un tema poco trabajado en la historiografía mexicana, aunque ninguno de los autores, excepto la coordinadora del libro, tiene formación en historia. Todos los demás autores son provenientes de institutos o departamentos de ciencias básicas de diferentes universidades o institutos del país. Hasta el momento de redactar estas líneas, este es el único libro que se ha encontrado sobre la mecánica cuántica en México y en América Latina. Argumento suficiente para valorar la veta académica que abre.

En tercer lugar, podemos encontrar los escritos de divulgación dirigidos a un público no especialista en el tema. Esta literatura no necesita una preparación de estudios superiores para comprender el mensaje que se pretende transmitir en esas publicaciones.

⁶⁷ María de la Paz Ramos Lara (coord.) *La mecánica cuántica en México*, op. cit.

La literatura de divulgación es la más extensa que existe en México para el caso de la mecánica cuántica. Por la cual se presenta el ejemplo de la revista de la UNAM, *¿Cómo ves?* Algunos artículos que han aparecido sobre la mecánica cuántica o que mencionan el tema y lo relacionan con algún otro tópico, son: Daniel Martín Reina, *¿Partícula inmortal?*,⁶⁸ “Supercuerdas. La física pende de un hilo”,⁶⁹ “¿Vivimos en un multiverso?”⁷⁰ y “¿Existe otro planeta en el sistema solar?”:⁷¹ José Herrán y José Franco, “Venus en tránsito”;⁷² Alberto Güijosa, “El dichoso bosón de Higgs”;⁷³ Luis Fernando Arenas Martínez y José Sandoval Cortés, “Así fue... Cuasicristales. Mosaicos y matemáticas”;⁷⁴ Sidney Perkowitz, “Arte, física y revolución”;⁷⁵ Wolfgang Steffen, “Efectos especiales para la astronomía”;⁷⁶ Edgar Ramírez Y Pedro Bealklini, “Galaxias de núcleo activo”;⁷⁷ Gerardo Martínez Avilés, “Brotos de rayos gama”;⁷⁸ Luis Felipe Rodríguez, “Otros astros, otros mundos”;⁷⁹ Sergio de Régules, “Cien años de la teoría de la relatividad”⁸⁰ y “Hemos encontrado ondas gravitacionales”.⁸¹

⁶⁸ Daniel Martín Reina, en “¿Partícula inmortal?” en *¿Cómo ves?*, año 7, núm. 84, noviembre 2005.

⁶⁹ Daniel Martín Reina, en “Supercuerdas. La física pende de un hilo” en *¿Cómo ves?*, año 9, núm. 108, noviembre 2007.

⁷⁰ Daniel Martín Reina, en “¿Vivimos en un multiverso?” en *¿Cómo ves?*, año 18, núm. 214, septiembre 2016.

⁷¹ Daniel Martín Reina, en “¿Existe otro planeta en el sistema solar?” en *¿Cómo ves?* año 18, núm. 212, julio 2016.

⁷² José Herrán y José Franco, “Venus en tránsito” en *¿Cómo ves?*, año 14, núm. 163, junio 2012.

⁷³ Alberto Güijosa, “El dichoso bosón de Higgs” en *¿Cómo ves?*, año 15, núm. 172, marzo 2013.

⁷⁴ Luis Fernando Arenas Martínez y José Sandoval Cortés, “Así fue... Cuasicristales. Mosaicos y matemáticas” en *¿Cómo ves?*, año, 15, núm. 176, julio 2013

⁷⁵ Sidney Perkowitz, “Arte, física y revolución” en *¿Cómo ves?*, año, 16, núm. 182, enero 2014.

⁷⁶ Wolfgang Steffen, “Efectos especiales para la astronomía” en *¿Cómo ves?*, año 16, núm. 188, julio 2014

⁷⁷ Edgar Ramírez Y Pedro Bealklini, “Galaxias de núcleo activo” en *¿Cómo ves?*, año 16, núm. 192, noviembre 2014

⁷⁸ Gerardo Martínez Avilés, “Brotos de rayos gama” en *¿Cómo ves?*, año 17, núm. 193, diciembre 2014

⁷⁹ Luis Felipe Rodríguez, “Otros astros, otros mundos” en *¿Cómo ves?*, año 15, núm., 201, agosto 2015

⁸⁰ Sergio de Régules, “Cien años de la teoría de la relatividad” en *¿Cómo ves?*, año 17, núm. 204, noviembre 2015

⁸¹ Sergio de Régules, “Hemos encontrado ondas gravitacionales” en *¿Cómo ves?* año 18, núm. 208, marzo 2016

También es posible encontrar la literatura de ciencia ficción sobre mecánica cuántica y relatividad. Todas fueron mezclados de forma indiferente y hacen alusión a temas como agujeros negros o viajes en el tiempo. Este tipo de literatura se ha convertido en un gran mercado gracias al cine.⁸²

Como se ha visto hasta este momento, la historia de la ciencia en México ha sido un tema que se ha trabajado de manera constante. Las posturas metodológicas y epistemológicas son variadas. Las contribuciones de autores que pertenecen al ámbito de las ciencias naturales y las ciencias sociales, así como de las humanidades, son amplias. Esta diversidad de textos no ha sido agotada en este estado de la cuestión.

La historia de la ciencia ha abierto muchos temas de investigación, donde las metodologías y el uso de conceptos es una constante. A pesar del número de trabajos, resulta sorprendente ver el estado en el que se encuentra el tema de la mecánica cuántica en México. Como se vio en líneas anteriores, el único estudio desde la historia elaborado en México hasta este momento es el de la Paz Ramos. Esta situación llama la atención debido a que la mecánica cuántica, como también se mostró en líneas precedentes ha sido trabajada desde distintas aristas. Este escenario justifica la relevancia de la investigación que se llevó a cabo, es decir: reconstruir y explicar por qué aparentemente la mecánica cuántica no tuvo un papel protagónico en el desarrollo de la ciencia mexicana en el caso del siglo XX.

⁸² José Manuel Sánchez Ron, *Espacio- tiempo y átomos: relatividad y mecánica cuántica*, Madrid, Akal (serie Historia de la ciencia y de la técnica, 51), 1992, 42.

Con este escenario de fondo se puede pensar que la investigación partió de cero. Sin embargo, el sustento metodológico mencionado en la formación de científicos, las comunidades académicas y las redes de poder fundamentan la investigación. Si bien es cierto que el tema ha sido motivo de múltiples libros, artículos especializados o de divulgación, también se puede observar un vacío historiográfico en este tipo de investigaciones. La mayoría de los textos han sido escritos para el público especializado y divulgativo, dejando de lado la interdisciplinariedad con las humanidades y las ciencias sociales.

El tema muestra la necesidad de historiarse debido a la poca cantidad de bibliografía en este campo de la historia. Aunado a ello, hasta el momento no se han encontrado tesis de licenciatura o posgrado que lo hayan trabajado. Por lo tanto, este tema poco explorado en la historia mexicana de la ciencia aún está pendiente.

Si considera el periodo de 300 años de dominio español (1521- 1821), es posible afirmar que la investigación de las ciencias naturales en México comenzó casi al mismo tiempo que en otras partes del mundo. De tal manera que se encuentran contribuciones de la ciencia mexicana a la construcción de las diferentes ciencias naturales.⁸³ Existen diversos tratados elaborados en la época colonial sobre varios temas como el texto de Diego Rodríguez (1596- 1668), *Tractatus Proemialium Mathematices*, que es un discurso matemático-astronómico de carácter enciclopédico.⁸⁴ Otro de los acontecimientos mencionados de manera

⁸³ Elías Trabulse, *Los orígenes de la ciencia moderna en México (1630- 1680)*, México, Fondo de Cultura Económica (Colección Breviarios, 526), 1994, pp. 11-63.

⁸⁴ Elías Trabulse, “La Geometría de lo infinito: acerca de un manuscrito científico mexicano del siglo XVII”, en Elías Trabulse, *El círculo roto, op. cit.*, pp. 66- 74.

habitual para demostrar que México tiene una amplia tradición científica, corresponde a la época independiente. Es el caso de la expedición mexicana que fue a estudiar a Japón en 1874 el paso del planeta Venus frente al disco solar. Sobre dicha expedición se conocen los avatares y peripecias que les acaecieron. Todo gracias a las memorias de Francisco Jiménez (1824- 1881), Francisco Díaz Covarrubias (1833- 1889) y Antonio García Cubas (1832- 1912), miembros de la expedición.⁸⁵

Los hombres del Porfiriato y los primeros años de la Revolución Mexicana también hicieron aportes a las artes y las ciencias en México. La llegada de la electricidad, los primeros automóviles y con ellos los clubes de automovilistas fue parte de la cara del progreso que mostró el régimen hacia el exterior. Las ferias universales fueron otro elemento que entre 1880, año en que México comenzó a participar, y 1930 mostraron el progreso que México tenía en el concierto de las naciones.⁸⁶ La fundación de la Universidad Nacional de México en 1910 no se puede dejar de lado. Así como todo el proceso que conllevó su creación en la búsqueda de la institucionalización de la ciencia nacional.

La ciencia mexicana despuntó en el momento en el que el régimen alcanzó estabilidad política. Ejemplo de ello es la fundación del Instituto de Física en la UNAM en 1939; posteriormente se impartieron los primeros cursos de mecánica

⁸⁵ La travesía que ocurrió en torno a esta expedición científica ha sido trabajada por Marco Antonio Moreno Corral en *Odissea 1874 o el primer viaje internacional de científicos mexicanos*, México, Fondo de Cultura Económica/ Secretaría de Educación Pública/ Conacyt, 1986 y más recientemente en el artículo “Una contribución astronómica en la vida de México” en Jorge Bartolucci (coord.) *La saga de la ciencia mexicana...* *op. cit.* pp. 79- 104.

⁸⁶ Mauricio Tenorio Trillo, *Artifugio de la nación moderna. México en las exposiciones universales, 1880-1930*, México, Fondo de Cultura Económica, 1998, pp. 13- 28.

cuántica en el área de física de la UNAM en 1941. Al año siguiente la Sociedad Mexicana de Matemáticas (SMM) haría su aparición a la par que la Sociedad Mexicana de Astronomía (SMA). Esta última disciplina tenía una gran tradición en México, pero no contaba con una Sociedad institucionalizada.

Estos acontecimientos permiten reflexionar sobre un elemento esencial para la interpretación y reconstrucción en el proceso de la investigación histórica, a saber: los conceptos y categorías para entender la interrelación de éstos con el objeto de estudio.⁸⁷ El marco teórico permite que sustentan la investigación, lo que “implica analizar y exponer aquellos elementos teóricos generales y particulares que se consideren pertinentes para guiar el proceso de investigación”.⁸⁸

En el caso de esta investigación sobre las comunidades académicas. Se observa que no son entidades herméticas y homogéneas, ya que dentro de ellas existe la competencia entre sus miembros. Los casos que desatan las revoluciones científicas se deben a un choque entre los miembros de las comunidades, los disidentes y los foráneos a dichas comunidades.⁸⁹ Los individuos dentro de una comunidad científica fundamentan sus avances en paradigmas aprobados por dicha comunidad que rechazan a los que pretenden ser “nuevos” integrantes.⁹⁰ Bajo esta

⁸⁷ Mario Bunge, *op. cit.*, pp. 33- 34. Para el análisis de los conceptos hago uso de la propuesta de Reinhart Koselleck en busca de la clarificación de los conceptos. Vid. Reinhart Kosselleck, *Futuro pasado. Para una semántica de los tiempos históricos*, Barcelona, Paidós, 1993, pp. 267- 357; *Aceleración, prognosis y secularización*, Valencia, Pre- Textos, 2003, pp. 37- 93, y *Los estratos del tiempo: estudios sobre la historia*, Barcelona, Paidós, 2001, pp. 115- 134.

⁸⁸ Raimundo Abello Llanos, “La investigación en ciencias sociales: sugerencias prácticas sobre el proceso” en *Investigación y Desarrollo*, vol. 17, núm. 1, Colombia, Universidad del Norte, 2009, p. 221. Recuperado en pdf. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26811984010> Visitado el 4 de noviembre de 2017.

⁸⁹ Bruno Latour, *Ciencia en acción. Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*, Barcelona, Universitat de Barcelona, 1992, p. 90.

⁹⁰ Thomas S. Kuhn, *La Estructura...Op. Cit.*, p.71.

lógica, entiendo por comunidades académicas todas aquellas personas que comparten el lenguaje y la literatura científica. Las cuales son comunes entre las personas que pertenecen a una institución académica. Esta característica les dota de una identidad cultural.⁹¹ Los grupos van entrelazados con las comunidades académicas, ya que el grupo al no ser homogéneo introduce sus diferencias identitarias y culturales. La cultura determina el comportamiento dentro de las organizaciones de este tipo,⁹² el grupo académico y/o científico es, entonces, una colectividad organizada en torno a una teoría o una hipótesis.

Una alternativa de análisis sobre las comunidades científicas es partir de la premisa de que dichas comunidades se van construyendo a través de diferentes procesos. Específicamente en torno a los significados de las prácticas sociales y culturales que son habituales entre los científicos. El caso de la departamentalización de las ciencias o áreas de conocimiento es uno de los temas que ha sido estudiado en la sociología de la educación. El caso de la educación es un ejemplo de que las tradiciones y costumbres inciden en la investigación científica. Como bien recuerda Tony Becher, cada disciplina presenta su propio cuerpo de conceptos, métodos y metas fundamentales, pero esta división es un tanto artificial ya que todas tienen comportamientos sociales comunes en su desarrollo.⁹³

El pensamiento de Becher, ha sido poco trabajado en la academia mexicana, pensando especialmente en trabajos de ciencias sociales fuera de la sociología de

⁹¹ Tony Becher, *Academic Tribes and Territories. Intellectual enquiry and the cultures of disciplines*, Londres, The Society for Research into Higher Education and Open University Press, 1989, 24.

⁹² Steven B. Andrews, Carleen R. Basler y Xavier Coller, "Redes, Cultura e Identidad en las organizaciones" en *REIS*, vol. 2, núm. 97, 2002, pp. 31- 33.

⁹³ Tony Becher, *Op. Cit.*, p. 20.

la educación e incluso de la pedagogía. De hecho, su obra más conocida *Tribus y Territorios Académicos* ha tenido poco impacto en América latina. En esta obra las ciencias actuales tienen vínculos con otras áreas del conocimiento que a primera vista pueden parecer extrañas pues estos vínculos muchas veces tienen más que ver con tradiciones y costumbres que propiamente con la organización de los saberes en las instituciones de educación superior.⁹⁴ En otras palabras las ciencias en la forma actual que las conocemos también han sufrido cambios. Desde una perspectiva histórica las diferencias entre ellas radican en la construcción de sus singularidades a través de la invención de tradiciones de investigación.⁹⁵ La interpretación internalista de las comunidades académicas nos permite observar las tensiones e intereses de distintos grupos que la integran.

La tradición de la investigación permite entender que distintas cosas puedan explicarse mediante teorías junto con todos los experimentos que le son propios. La teoría cuántica es el paradigma en torno al cual se conforman los grupos académicos estudiados. Esta teoría pertenece al tipo de sistemas de análisis que tiene una historia propia y busca desentrañar lo que, para ella son problemas científicos.⁹⁶ Las teorías como explicaciones de las funciones de la naturaleza permiten un buen número de interpretaciones entre los miembros de la comunidad. A su vez provoca heterogeneidad entre los miembros, esto es lo que llamamos sociabilización del conocimiento.

⁹⁴ *Ibidem*, p. 24.

⁹⁵ *Ibidem*, pp. 40- 41.

⁹⁶ José Marquina, *op.cit.*, p. 12.

Dentro de las comunidades académicas, la sociabilización del conocimiento es entendido como la forma en que el conocimiento que se crea en una IES o un Instituto de Investigación es difundido y aceptado en distintos escenarios y niveles académicos.⁹⁷ Los canales de comunicación para la sociabilización del conocimiento son diversos. El conocimiento es compartido de manera poco formal en los escenarios rurales o urbanos como es el caso de las charlas con los estudiantes fuera de las aulas.⁹⁸ Obviamente, los canales clásicos para la sociabilización del conocimiento como las publicaciones periódicas son normadas por la academia y están mediadas por la escritura y la interpretación.⁹⁹

La sociabilización del conocimiento que se dio en el caso mexicano, evoca la teoría de redes sociales. El México de 1900- 1961, comprende las relaciones sociales entre diferentes sujetos que formaron parte de las comunidades académicas. Los grupos manifiestan el énfasis en la “intensidad variable y fines diversos [que] ponen en evidencia la importancia de los fenómenos de interacción y de adaptación”¹⁰⁰ en las estructuras sociales. Esto es con la finalidad de hacer un análisis a nivel micro en el caso de los grupos académicos mexicanos de la primera mitad del siglo XX. El entramado teórico de redes sociales y su aplicación permite analizar grupos y subgrupos.¹⁰¹ Luego entonces, se observa la relación con otros grupos dentro de la física en México.

⁹⁷ Tony Becher, *Academic Tribes and Territories...op. cit.*, pp. 77- 84.

⁹⁸ *Ibidem*, pp. 81- 82.

⁹⁹ Maxime Chavlier, *Lectura y lectores en la España del siglo XVI y XVII*, Madrid, Turner, 1976, p.8.

¹⁰⁰ Michel Bertrand, “Redes sociales, poder e identidad en las sociedades latinoamericanas (siglos XVI- XX), en Michel Bertrand (Coord.), *Configuraciones y redes de poder. Un análisis de las relaciones sociales en América latina*, Caracas, Fondo Editorial Tropykos, 2002, p. 9.

¹⁰¹ John Scott, *Social Network Analysis. A handbook*, Londres, Sage publications, 2000, p. 15.

A pesar de lo interesante que los entramados teóricos de Becher y los exponentes de la teoría de redes sociales puedan ser; no se han presentado aún las teorías que para el caso de la historia de la ciencia se han configurado. Es inevitable retomar la aportación de Kuhn en su trabajo sobre las tradiciones científicas. Becher las retoma para hablar sobre los comportamientos de los grupos académicos. Uno de los primeros problemas que se encuentra en el estudio de las comunidades científicas es qué se entiende por ciencia. Una definición que sigue siendo de las más aceptadas en el ámbito de la investigación latinoamericana fue propuesta por el filósofo argentino- canadiense, Mario Bunge en su clásico texto *La ciencia. Su método y su filosofía*, donde nos dice que la ciencia es un mundo artificial y que tiene como características ser:

...conocimiento racional, sistemático, exacto, verificable y por consiguiente falible. Por medio de la investigación científica el hombre ha alcanzado una reconstrucción conceptual del mundo que es cada vez más amplia, profunda y exacta [...] la ciencia como actividad- como investigación- pertenece a la vida social...¹⁰²

Esta definición elaborada por Bunge hace ya más de 50 años no está exenta de problemas como su marcado positivismo. A pesar de ello, para fines metodológicos de esta investigación nos ayuda a entender a un área sistematizada con un método como ciencia, similar a lo que pudieron entender los académicos mexicanos entre 1900 y 1961.

¹⁰² Mario Bunge, *op. Cit.*, p. 6

Capítulo 1. La construcción del modelo cuántico a finales del siglo XIX y las primeras décadas del siglo XX.

Desde que Isaac Newton publicó su obra máxima *Principia Mathematica*, la ciencia en general, y la física- matemática en particular, se fundamentaron en un nuevo modelo. La filosofía dejó de ser la explicación central de la ciencia y los saberes. Su lugar preponderante dio paso a un mundo matematizado que curiosamente ancló su lógica en la filosofía.¹⁰³ El paradigma escolástico de herencia medieval había sido cimbrado durante el siglo XVI por Nicolás Copérnico y en el siglo XVII por Galileo Galilei, Johannes Kepler y Rene Descartes.¹⁰⁴ Estos pensadores pusieron en entredicho la forma de concebir el mundo y, si bien no fueron los únicos, tuvieron en común los temas en los que estuvieron interesados. Partiendo del modelo copernicano, Galileo, Kepler y Descartes obtuvieron conclusiones distintas, aunque no contradictorias entre ellas, sobre el trabajo de Copérnico.¹⁰⁵ Esto es sólo un ejemplo de algo común en las ciencias: la coincidencia de distintos pensadores alrededor de un tema. Todos ellos trabajaron de forma aislada. Es poco probable que todos ellos hayan conocido el trabajo del otro de forma simultánea que llevaban su investigación.

¹⁰³ Alexandre Koyré menciona que las matemáticas de Newton presentan a un Dios “filosófico”. Esta condición le permitía justificar un curso continuo de los cuerpos celestes. *Vid.* Alexandre Koyré, *Del mundo cerrado al universo infinito*, *op. cit.*, pp. 205- 216. Este mismo autor, argumenta que Copérnico, Cavalieri, Pascal y Gassendi habían contribuido a la construcción de Dios como un agente matemático y filosófico. *Vid.* Alexandre Koyré, *Estudios del pensamiento científico*, *op. cit.*, pp. 258- 320. Salomón Bochner en su libro *El papel de la matemática en el desarrollo de la ciencia*, Madrid, Alianza Editorial, 1991, propone que la matemática y la filosofía están hermanadas debido a que las dos fueron desarrolladas para tomar el papel de los mitos. Por esa razón, la filosofía y la matemática hablan el lenguaje de la abstracción por excelencia, pp. 25- 65.

¹⁰⁴ Para ampliar este punto véase Alexandre Koyré, *Estudios galileanos*, *op. cit.*, 73- 148.

¹⁰⁵ *Vid.* Peter Dean, *La revolución de las ciencias. El conocimiento europeo y sus expectativas, 1500- 1700*, Madrid, Marcial Pons (Historia), 2007, pp. 109 y 129.

El presente capítulo versa sobre la “creación del modelo cuántico”, que justamente destronó a la explicación newtoniana del mundo natural. Hasta entrado el siglo XX, el modelo newtoniano aún dominaba la física, así como el pensamiento de los actores que estuvieron involucrados en la consolidación de dicho modelo cuántico. Aunado a ello se muestra cómo inició y se dieron las transformaciones que sufrió la mecánica cuántica. Como se enunció en la introducción de esta investigación: la mecánica cuántica, de manera general, se entiende como una explicación física- química con principios provenientes de la matemática. Se enfoca en la parte más diminuta y esquiva de la naturaleza; a saber: el problema del átomo. El problema que trascendió en los primeros años de la construcción de la mecánica cuántica es que ésta no se consideraba ni siquiera una teoría. El asunto era que en el fondo se basaba en los principios de la teoría física clásica.¹⁰⁶ Por consecuencia había que darle cimientos de los cuales partir para ser considerada una teoría.

1.1 Los primeros pasos de la mecánica cuántica. Oposición y algunos éxitos.

El objetivo de este apartado es ubicar el contexto en el que se hallaron los primeros científicos que hicieron uso de esta explicación de la naturaleza. Entonces se acomete la tarea de reconstruir el escenario en el que los científicos teóricos de física, matemáticas y química formularon el concepto de mecánica cuántica. La atención se enfoca en la discusión entre Einstein y Bohr que dio origen a la interpretación de Copenhague.¹⁰⁷ La cual hasta la actualidad es la explicación teórica dominante.

¹⁰⁶ Pau Artús y Ramón Crehuet, *Mecánica cuántica. Un viaje al universo subatómico*, Barcelona, Océano, 2001, p. 55.

¹⁰⁷ La interpretación de Copenhague fue una formulación física, matemática y filosófica que elaboró el grupo de pensadores reunidos alrededor del Instituto de física de la Universidad de Copenhague ya que tiene como

Cada cambio de paradigma que ha sufrido la ciencia ha sido precedido de alguna revolución científica. A su vez, éstas ha sido parte de un largo esfuerzo por parte del pensamiento construido en la ciencia occidental. Entonces, lo que realmente hace que un paradigma sustituya a otro, no es su falta de validez sino, en términos de Kuhn, sus modos inconmensurables de explicar el orden de nuevos descubrimientos.¹⁰⁸ Situación que se mostrará, es el caso de la mecánica cuántica en las primeras décadas del siglo XX.

En la historia de la ciencia, así como en la historia militar, existe una fascinación por explicar al “genio”. Si se toma en cuenta que la historia de la ciencia no estudia datos, sino la transformación de los pensamientos; da como resultado alejarse del genio y se acerca la lupa del investigador al pensador en contexto. Los actores formaron parte de la tradición atlántica newtoniana y su investigación generó pensamientos, estudios, investigaciones y argumentaciones divergentes. Los resultados de sus investigaciones fueron fundamentales en la consolidación de edificio que instituyó la ciencia moderna. Las ciencias físico- químicas de finales del siglo XIX y principios del siglo XX tuvieron un papel de primer orden en dicha construcción.

Gran parte de la comunidad científica acepta que la primera mitad del siglo XX fue una de las etapas donde las ciencias físico- químicas alcanzaron el mayor número de descubrimientos en los laboratorios. Al mismo tiempo que es el periodo

eje conductor la metafísica y el Principio de Incertidumbre. Claude Allégre, *La derrota de Platón o la ciencia en el siglo XX*, México, Fondo de Cultura Económica, 2003, pp. 45- 48. Este punto se desarrollará en las siguientes páginas.

¹⁰⁸ Thomas Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas*, *op.cit.*, pp. 61- 62.

donde se encuentran muchos de los preceptos teóricos básicos de la ciencia moderna. El mismo Robert Oppenheimer la llamó “la era de los héroes”.¹⁰⁹

Los protagonistas de la ciencia que construyeron un nuevo edificio científico y, por lo tanto, un nuevo tipo de ciencia son D’Alambert (1717- 1783); von Meyer (1814- 1878); James Clerk Maxwell (1831- 1879); Heinrich Hertz (1857- 1894); Pascual Jordan, Max Born (1882- 1970), Wilhelm Wien (1864- 1928), John William Strutt, Lord Rayleigh (1842- 1919), Joseph John Thompson (1852- 1940), Louis De Broglie (1892- 1987), Erwin Schrödinger, Ernest Rutherford (1871- 1937), Hermann von Helmholtz (1821- 1894), Philipp Lenard (1862- 1947), Wilhelm Hallwachs (1859- 1922), Robert Millikan (1868- 1953), Paul Dirac, Albert Einstein, Enrico Fermi (1901- 1954), Wolfgang Ernst Pauli (1913- 1958) y Max Planck.

Aunque no trabajaron juntos en la mayoría de los casos, este conjunto de pensadores y científicos transformaron la forma de entender el término *energía*. A partir de su trabajo el concepto dejó de ser entendido como el momento o la *vis viva*.¹¹⁰ Sus investigaciones formularon los principios de conservación de la energía de altas cantidades dando origen a las leyes de conservación de la misma.¹¹¹

A pesar de haber sido el siglo XX el de los mayores descubrimientos para una nueva física, los cimientos se encuentran en el siglo anterior. A mediados del

¹⁰⁹ Kumar, Manjit. *Quantum: Einstein, Bohr, and the Great Debate about the Nature of Reality*. Nueva York, W. W. Norton & Company, 2011, pp. 172-185.

¹¹⁰ Hasta las primeras décadas del siglo XIX, la energía era entendida como el momento o la *vis viva*, es decir, la fuerza que produce trabajo, idea que provenía de los principios griegos elaborados por Tales de Mileto, Heráclito, Anaxímenes y Anaximandro. Véase Matías Alinovi, *Historia de la energía. Desde las primeras ideas griegas sobre la conservación de “algo” hasta la ley de leyes, la ley más general que hoy conocemos*, Buenos Aires, Capital intelectual, 2007.

¹¹¹ *Ibidem*, pp. 31, 38- 39, 53, 57.

siglo XIX, la física clásica incluía la mecánica clásica o newtoniana,¹¹² la teoría atómica de gases (problema compartido con la química), la cinemática, la termodinámica y el electromagnetismo. Hasta ese momento las explicaciones sobre los experimentos siempre iban en torno a estos ejes que dominaban la física.

El problema de reintroducir el tema de la energía y el calor era mucho más complicado de lo que parecía. Esta situación la había sufrido Lord Kelvin- William Thompson (1824- 1907). En 1852, Kelvin concluyó que toda actividad producida en la naturaleza daba como resultado la transformación de la energía. Principio del que se extraen las leyes de la termodinámica. No obstante, haber formulado una de las leyes fundamentales en la termodinámica las críticas a su trabajo fueron arduas. La resistencia no provino únicamente de los científicos que no compartían, o no entendían, los nuevos modelos explicativos que se estaban formulando. Distintos grupos sociales, como la Iglesia de Inglaterra, y otros grupos religiosos, lo acusaron de “introducir ideas sobrenaturales sobre el orden teológico del universo”.¹¹³

La lectura que se le dio al trabajo de Kelvin era que el descubrimiento de diferentes fenómenos de la naturaleza eran manifestaciones de una energía universal que continuamente se estaba transformando. En medio del debate estaban la descripción del calor, la luz, la electricidad y el magnetismo. Las leyes

¹¹² La mecánica clásica o newtoniana explica los fenómenos referentes a la atracción de los planetas, así como la fuerza y empuje en relación con la gravedad. Este modelo hasta la fecha es adecuado para explicar el movimiento a velocidades pequeñas, pero no es adecuado para explicar el movimiento a altas velocidades ni en situación de índole microscópico. El sistema del mundo que Newton edificó dominó durante casi dos siglos hasta que la teoría de Relatividad tomó la estafeta. Véase, Antonio Duran Guardado, *La ley de la Gravedad. Newton: La fuerza más atractiva del universo*, España, 2012, 38- 52.

¹¹³ Pohl Valero, *Termodinámica social. La relación entre física y sociedad a finales del siglo XIX*, en Investigación y ciencia, diciembre 2012, Recuperado de https://www.academia.edu/2438976/Termodin%C3%A1mica_social._La_relaci%C3%B3n_entre_f%C3%ADsica_y_sociedad_a_finales_del_siglo_XIX. Consultado el 6 de noviembre de 2017.

que se les habían establecido molestaron a élite intelectual europea decimonónica de la segunda mitad siglo XIX. Si la energía tenía una ley universal que postulaba el desorden, la sociedad no podía ser representada como un sistema natural. La situación era análoga a los cambios que ocurrían en la sociedad y que la llevaban al progreso o la decadencia.

Conclusiones elaboradas a partir de las sociedades derivaron en la dificultad de aceptar los postulados científicos. No importaba que hubieran sido construidos para explicar fenómenos naturales. El desarrollo del universo y la sociedad estaban articulados por una ley natural que descartaba explicaciones sobrenaturales de orden metafísico o teológico. Esta relación permite observar la dinámica en la que se veían envueltos los estudios científicos de la época.

El problema no terminaba ahí. Diferentes sectores sociales, entre ellos algunos científicos, dilucidaron los principios de la termodinámica como un atentado al orden establecido. Según ellos promovía la transformación del orden natural y cuestionaba valores de la sociedad europea del siglo XIX. Un universo no equilibrado en la materia y la energía representaba un peligro. Algunos vieron que una interpretación de este tipo justificaba el comunismo que estaba en boga en diferentes partes de Europa.¹¹⁴ La tendencia de la entropía a aumentar el desorden en la naturaleza podía entenderse como una profecía social. Sí el desorden era el orden natural entonces las revoluciones sociales eran justificadas. Según la analogía de la sociedad como un organismo natural.

¹¹⁴ Crosbie Smith, *The Science of Energy: a cultural history of energy physics in Victorian Britain*, Chicago, The University of Chicago Press, 1998, p. 12.

Para algunos pensadores sociales del siglo XIX, que confiaban en el progreso continuo de la humanidad, la primera ley de la termodinámica parecía caracterizar mucho mejor el funcionamiento del universo y de la sociedad. Veían a los grupos humanos como un organismo caótico. Para otros, el equilibrio de la energía en el universo era análogo a una sociedad igualitaria, sin diferencias sociales; sus consecuencias: la muerte térmica, la muerte social y económica. En otras palabras: abogaban por una energía sin el concepto de entropía. Un concepto que desde la naturaleza justificara el orden y la existencia de diferencias sociales.

Los divulgadores de la ciencia Peter Tait (1831- 1901) y Balfour Stewart (1828- 1887) enunciaron sobre la física de la energía a finales del siglo XIX: “El calor es el comunista por excelencia de nuestro universo y sin duda es el que llevará al sistema presente a su fin”.¹¹⁵ Otro ejemplo de este tipo de afirmaciones se dio en el marco de la segunda revolución industrial, en la cual se hizo un parangón de la sociedad con una máquina. Esta analogía justificaba las diferencias entre las clases, burguesa y obrera. Este razonamiento llevó en 1891 al químico español Laureano Calderón (1847- 1894) a aseverar en el Ateneo de Madrid, que las desigualdades sociales estaban impuestas por una ley natural. El químico español recurrió a la idea de Sadi Carnot (1796- 1842), quien postuló que era necesario una diferencia de temperaturas para que una máquina térmica funcionara.¹¹⁶

¹¹⁵ *Ibidem*, p. 23. Un par de estudios muy completos sobre el periodo anterior a 1850 es tratado en el capítulo “Conservación de la energía” en Thomas Kuhn, *La tensión esencial. Estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia*, op. cit., pp. 91- 128 y el capítulo de “El experimento de Arago” en Jean Eisenstaedt, *Antes de Einstein: relatividad, luz y gravitación*, México, Fondo de Cultura Económica, 2015, pp. 148- 169.

¹¹⁶ Pohl Valero, op. cit. s/f.

Ajeno a estas interpretaciones sociales las explicaciones científicas que dominaban eran los experimentos. Estos siempre iban en torno a los ejes que dominaban la física; es decir: el calor funcionaba de manera similar a la luz, a través de corpúsculos. Tal y como lo había formulado Newton en su disputa con Christiaan Huygens (1629- 1695) en el siglo XVII. Hacia 1870, Hermann von Helmholtz, Rudolf Clausius (1822- 1888) y Phillip von Jolly (1809- 1884) reavivaron el tema de la termodinámica. Retomaron el tópico desde el punto donde lo había dejado Kelvin y añadieron la relación con el electromagnetismo y la transferencia de calor. El mismo Jolly, a decir de Planck, enunciaba “que en física lo esencial ya estaba descubierto. Según él que quedaban pocos huecos por llenar, concepción que compartían muchos otros físicos de su tiempo”.¹¹⁷ Esta descripción encaja en lo que Kuhn llama periodo de ciencia normal y sirve para representar lo que el modelo explicativo dominante marcó como pauta de los siguientes descubrimientos.¹¹⁸

En este escenario, el caso de Max Planck resulta interesante. Su obra es el vínculo entre la física clásica de explicaciones newtonianas y los primeros pasos de la física cuántica de explicaciones subatómicas. Como consecuencia de su trabajo Planck logró que estas dos ramas de la física no fueran antagónicas entre sí, sino que entre ellas hubiera armonía; aunque él mismo no estuviera de acuerdo con los resultados de sus investigaciones. El descubrimiento de los rayos catódicos y la

¹¹⁷ Max Planck, *¿A dónde va la ciencia?*, Buenos Aires, Editorial Posada, 1951, p. 43.

¹¹⁸ Thomas Kuhn, *La estructura de las revoluciones...op. cit.*, pp. 88- 93. Como lo menciona el propio Kuhn: el periodo de ciencia normal tiene más que ver con los fracasos dentro de un esquema explicativo que sobre los mismos logros.

radiactividad, además de la precipitación del uranio en un elemento radiactivo fue parte del problema de la energía y del cuerpo negro.¹¹⁹

Planck comenzó a trabajar sobre la resolución del enigma que aún constituía el cuerpo negro en la década de 1880. Hasta ese momento, la comprensión de la termodinámica y la radiación del cuerpo negro eran parte fundamental del desarrollo científico. A pesar de lo idílico del escenario, no se debe dejar de lado que además de responder a una motivación académica, la resolución del problema tenía un motivo económico. Los resultados que se obtuvieran podrían ser aplicados al alumbrado y la calefacción.¹²⁰

Max Planck propuso en 1900 su principio de transferencia de energía en forma de paquetes: el cuanto; esta primera fase de la teoría cuántica fue confirmada teóricamente por Einstein, experimentalmente por Rutherford, Bohr y Jeffreys Moseley, y reformulada por Debye.¹²¹ Con ello inició otra revolución que concluyó de forma visible hasta 1930 con la conferencia Solvay de ese año ¹²². La famosa

¹¹⁹William Cecil Dampier, *Historia de la ciencia y sus relaciones con la filosofía y la religión*, Madrid, Tecnos, 2008, pp. 403- 404.

¹²⁰ Hay que recordar que la guerra de las corrientes se inscribe en esta época. La famosa disputa entre Edison y Tesla, representantes de la corriente directa y la corriente alterna respectivamente, se dio en los Estados Unidos. Aunque en otras partes del mundo también existían intereses por el control de la electricidad. En el Imperio Alemán, Siemens, quien se dedicaba a la calefacción, el alumbrado y sistemas de tracción eléctrica, tenía intereses sobre el bajo voltaje, y compartió el dominio del alto voltaje durante el último tercio del siglo XIX. Siemens representaba la introducción de ambas corrientes en Alemania, pero ante la imposibilidad de tener la patente, buscó la relación entre la academia y la industria. Prueba de ello es que promovió la creación del Instituto Imperial de Física y Tecnología, del cual su primer presidente fue Hermann von Helmholtz, académico que se ocupaba del estudio del cuerpo negro y la termodinámica. Véase. José Antonio Acevedo Díaz y Antonio García Carmona, “Una controversia de historia de la tecnología para aprender sobre naturaleza de la tecnología: Tesla vs Edison, la guerra de las corrientes” en *Enseñanza de las ciencias*, 34, núm. 1, 2016, pp. 194- 195. Recuperado de https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2016v34n1/edlc_a2016v34n1p193.pdf Consultado 23 de junio de 2018.

¹²¹ William Cecil Dampier, *op.cit.*, pp. 412- 413.

¹²² Las conferencias o congresos Solvay iniciaron en 1911 y continúan hasta la actualidad. Al inicio fueron reuniones poco formales. Las realizó el industrial y químico belga Ernest Solvay quien congregó a los físicos, químicos y astrónomos más sobresalientes del momento. El formato era proponer un tema y los invitados expondrían sus adelantos o propuestas sobre el tema. La conferencia más famosa fue la de 1924.

ecuación de Albert Einstein: $E= mc^2$ propició que los físicos y químicos de laboratorio, además de los astrónomos, la utilizaran para comprobar fenómenos astronómicos y subatómicos observados. En el caso de la astronomía esta situación sucedió en el año de 1919 cuando Arthur Eddington y Frank Dyson (1882- 1944) comprobaron la desviación de la luz provocada por la masa de un cuerpo.¹²³

La ecuación propuesta en el artículo *sobre el efecto fotoeléctrico* por el otrora trabajador de la oficina de patentes en Suiza, prometía hacia 1905, año de su aparición en la revista alemana *Der Physik*: hacer uso de la energía contenida en algunos elementos químicos existentes en la tierra.¹²⁴ En 1915 presentó lo que sería la culminación de su obra: *La teoría general de la relatividad*. Con ella no sólo completó su trabajo iniciado en 1905, sino que reestructuró el concepto de gravedad.¹²⁵ A partir de ese momento se interesó en explicar la mecánica cuántica, ya que ésta era el nicho académico del cual había surgido originalmente su investigación. Einstein entendió que para justificar su trabajo era necesario demostrar la importancia de los cuantos. Algo de lo que el mismo Planck no estaba seguro en la década de 1920:

Mis infructuosos intentos de incorporar de algún modo el cuanto, de acción a la teoría clásica, se prolongaron varios años y me exigieron mucho trabajo. Algunos colegas han visto en ello una especie de tragedia, pero tengo otra opinión al

¹²³ El libro de Arthur S. Eddington presenta en sus páginas la comprobación que hizo de la teoría general de la relatividad propuesta por Einstein. La comprobación tuvo lugar en la expedición a la aldea de Sobral en Brasil e Isla Príncipe, África, en 1919. En esos lugares fue donde se hizo visible el evento astronómico que lo confirmó. Sin embargo, no deja ser curioso que, a pesar de verificar la teoría de la relatividad general de Einstein. Eddington dedicó el prólogo a la geometría euclidiana en forma de diálogo, al más puro estilo de los clásicos griegos y de finales del medioevo. La finalidad de estas páginas fue encontrar las bases filosóficas (en todo el prólogo sólo elabora deducciones euclidianas) de la matemática y explicar su relación con las nuevas matemáticas que se estaban creando. Arthur S. Eddington, *Space Time and Gravitation. An outline of the general relativity theory*, Cambridge, 1920, 1-14. Recuperado de <http://strangebeautiful.com/other-texts/eddington-space-time-grav.pdf> 16 de junio de 2018.

¹²⁴ Luis de la Peña, “2005. Voltar al pasado para mirar el futuro” en *Ciencia*, núm. 80, UNAM, p. 10.

¹²⁵ Barbara Lovett Cline, *op. cit.*, pp. 90- 119.

respecto: el provecho que obtuve de tan exhaustiva indagación fue muy valioso.¹²⁶

Einstein no trabajó solo. Casi al mismo tiempo, Max Born fundó la cátedra de física teórica de Gotinga, universidad reconocida por su gran tradición matemática. En esa institución se le buscó dar sustento matemático a las teorías cuántica y relativista. En esta aventura por dar solidez a dichas teorías estuvo inmerso David Hilbert (1862- 1943). El más reconocido de los matemáticos de la Universidad de Gotinga.

Esta apertura de la teoría de la mecánica cuántica permitió que el tema se introdujese en la química; como lo ejemplifica el caso de Henry Moseley (1887- 1915) quien en 1913 trabajó en el tema de la emisión de rayos X. A partir de su investigación concluyó que el número atómico crecía de forma paulatina desde el hidrogeno hasta el uranio.¹²⁷ Este avance de la teoría cuántica en la química se vio respaldado en 1925 por la introducción del espín¹²⁸ en los trabajos realizados por George Uhlenbeck (1900- 1988) y Samuel Goudsmit (1902- 1978). En ese mismo año Wolfgang Pauli presentó su principio de exclusión que sirvió de sustento para toda la teoría cuántica, así como la mecánica matricial de Heisenberg y la mecánica ondulatoria de Schrödinger que después de una larga disputa se decantó a favor del segundo por la facilidad matemática que ofrecía. Como se observa la culminación de la física como la ciencia por excelencia tuvo antes que Einstein otros físicos igual de trascendentales. Los defensores de la mecánica cuántica recurrieron

¹²⁶ Max Planck, *¿A dónde va la ciencia?*, *op. cit.*, p. 26.

¹²⁷ Barbara Lovett Cline, *op. cit.*, pp. 120- 128.

¹²⁸ El espín es una escala física que está en función de la carga eléctrica, los valores de la masa y gira sobre sí mismo. Tiene dos valores $-1/2$ $+1/2$. Luciano Laroze, Nicolás Porras y Gonzalo Fuster, *Conceptos y magnitudes en física*, USM editorial, Chile, 2013, p. 24.

a otras áreas de disciplinas cercanas a la física como la química, la astronomía y las matemáticas para justificar la conceptualización que estaban elaborando.

La serie de artículos publicados por Einstein entre 1905 y 1906 ponían como ejes fundamentales las ideas de Kelvin, Planck, Helmholtz y Jolly. Aunado a ello fueron examinados y aprobados por el propio Max Planck, el físico teórico más importante de Alemania, quien además era el principal promotor de la investigación sobre física teórica en la Universidad de Berlín. Planck negaba en ese momento de su vida intelectual toda especie de pensamiento relativista en la física, a pesar de que él mismo generó todo su trabajo sobre la física subatómica y los postulados de la energía.

El lugar donde toda esta revolución científica acontecía era Europa, especialmente Inglaterra, Dinamarca e Italia. Sin embargo, Alemania ascendió como potencia europea y mundial. En el último cuarto del siglo XIX desplazó de la segunda posición en producción industrial a Francia y en algunos rubros como la fabricación de acero a Gran Bretaña.¹²⁹ Su lugar dentro de las ciencias química y física lo convirtieron en el centro del desarrollo científico teórico mundial. Áreas que contribuyeron a la consolidación de la teoría cuántica como la química y la astronomía; No obstante, Inglaterra mostraba un desarrollo científico teórico importante, pero que difícilmente se comparaba con el alemán.

Dentro del crecimiento alemán, como potencia militar, industrial y económica, la base estaba en su sistema educativo en áreas como la historia, la filosofía, la

¹²⁹ Paul Kennedy, *Auge y Caída de las grandes potencias*, Barcelona, 1993, pp. 372- 413.

matemática, pero en el horizonte aparecían la química y la física con mayor atención que las anteriores. La física no gozaba de la fama que actualmente tiene, sino que entre los físicos como lo recuerda Planck: “cuatro nombres resplandecían por encima de todos los demás iluminando la dirección del camino por el cual avanzaban las investigaciones físicas. Tales nombres son: Hermann van Helmholtz, Gustav Kirchhoff, Rudolf Clausius y Ludwing Boltzmann”,¹³⁰ eran la guía para posicionar a la física como la ciencia más desarrollada en el mundo.¹³¹

Era este contexto académico y sociopolítico donde se encontraban los académicos alemanes lo que los diferenciaba de la sociedad en general, según Paulsen era que:

En Alemania los educandos académicamente constituyen una especie de aristocracia intelectual y espiritual [...] forman algo similar a una nobleza oficial, puesto que todos ellos participan en el gobierno y la administración del Estado [...] juntos constituyen un segmento homogéneo de la sociedad; se reconocen los unos a los otros como iguales sociales sobre la base de su formación académica...y a la inversa a cualquier alemán que no tuviera educación académica le faltaba algo que no se podía sustituir por la riqueza o la alta cuna. El comerciante, el banquero, el rico fabricante e incluso el terrateniente, se verían ocasionalmente perjudicados por su falta de formación académica, independiente de la posición que ocupen en otros aspectos. Como consecuencia de ello, la adquisición de una educación universitaria se ha convertido en una especie de necesidad social entre nosotros, o al menos la adquisición del *Abitur*, que confiere el derecho potencial de la ciudadanía académica.¹³²

Todos los físicos habían entrado en una nueva elite social que otorgaba la sociedad industrial en la que vivían. La noción del mérito en una sociedad como la alemana se cimentó de manera clara con el ascenso industrial más acelerado del mundo.¹³³

¹³⁰ Max Planck, *¿A dónde va la ciencia?*, *op. cit.*, p. 41. Thomas Kuhn considera que estos actores fueron los pioneros de la creación de una nueva ciencia ya que conjugaron las matemáticas con la experimentación para encontrar caminos en la física, véase Thomas Kuhn, *La tensión esencial...op. cit.*, p. 89.

¹³¹ Brian Easlea, *La liberación social y los objetivos de la ciencia*, Madrid, Siglo XXI, 1981, p. 32.

¹³² Citado en Fritz K. Ringer, *El ocaso de los mandarines alemanes. Catedráticos, profesores y la comunidad académica alemana, 1890- 1933*, Barcelona, Ediciones Pomares- Corredor, 1995, p. 46.

¹³³ Sólo la industria estadounidense estaba a la par de la alemana.

Los físicos, químicos y matemáticos alemanes consideraban que ellos, y los académicos en general, se debían encargar de observar por el bien moral de la sociedad europea.¹³⁴

Aún había que darle solidez a la nueva área del conocimiento que estaba surgiendo. Para ello, había que construir conceptos que fueran la abstracción de la realidad que estaban encontrando, de tal manera que sirviera a la toda comunidad científica.¹³⁵ Después de todo la mecánica cuántica, por nueva que pareciese, debía tener algo en común con las otras áreas de la ciencia; ya que si todo fueran situaciones nuevas “uno carecería de los conocimientos y las habilidades más elementales para vivir. Así pues, hace falta un mínimo de repetición para entender lo que ocurrirá mañana”.¹³⁶ Muchos conceptos ya existían, pero había que dotarlos de nuevos contenidos epistémicos. Por el contrario, también existían un cúmulo que había que inventar, entonces la mecánica cuántica, como cualquier otra área del saber, siempre está en permanente construcción. En el siguiente apartado de este capítulo se muestra ese desarrollo.

¹³⁴ Max Planck, *Autobiografía científica*, *op. cit.*, p. 9; Carlos Olalla Linares, *op. cit.*, pp. 85-93. Este punto es un poco contradictorio en el pensamiento de Max Planck ya que, si bien él creía que los académicos debían dirigir de manera racional a la sociedad para el futuro, esto hacia 1911. Durante mucho tiempo de su vida como académico se mostró en contra del sistema que dominaba en la academia alemana. Él creía e hizo suya, hacia el final de su vida, la crítica de Spengler, quien afirmó que la academia tiene toda la forma de la iglesia católica. El doctorado equivale a la consagración sacerdotal y que sólo a través de ese mérito se puede ser tomado en cuenta en la academia. Véase Max Planck, *¿A dónde va la ciencia?*, *op. cit.*, p. 16- 24. La crítica completa de Oswald Spengler es que el “doctorado equivale a la consagración sacerdotal y hay verdades eternas y hay misiones para infieles y hay herejes” y hay un “rito para citar los escritos fidedignos, y una especie de beatificación científica” donde “purificados por las oraciones de los creyentes ascienden al paraíso de los párrafos”. Véase Oswald Spengler, *La decadencia de occidente*, Madrid, Espasa, 1966, p. 403.

¹³⁵ Bruno Latour, *La esperanza de pandora. Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*, Barcelona, Gedisa Editorial, 1999, pp. 44 y 91.

¹³⁶ Reinhart Koselleck citado en Guillermo Zermeño, “Presentación” en *Historia Mexicana*, 239, México, El Colegio de México, Vol. LX, Núm. 3, enero- marzo 2011, p. 1452.

1.2 Hacia la mecánica cuántica: la formulación y sus interpretaciones.

En este escenario en el que el desarrollo de las ciencias naturales estaba inmerso, los físicos y químicos más reconocidos del mundo viajaron a los congresos Solvay a partir de 1911. Los congresos Solvay funcionaron para vincular y estimular la investigación de la física la química y la astronomía en los diferentes países de occidente. Sólo en este escenario podía construirse la mecánica cuántica ya que “el conocimiento se negocia dentro de la comunidad científica mediante un juego de argumentación teórico, a través del experimento y la opinión”.¹³⁷

El primer congreso tuvo lugar en Bruselas en otoño de 1911, el presidente de la conferencia fue el holandés, Hendrik Lorentz (1853- 1928). El tema principal fue la "*Radiación y los Cuantos*". Esta conferencia consideró los problemas de tener dos ramas: la física clásica y la física cuántica. Albert Einstein era el segundo físico más joven de todos los presentes, sólo detrás de Frederick Lindemann (1886- 1957). Algunos asistentes a este Primer Congreso Solvay fueron: Max Planck, Ernest Rutherford, Marie Curie (1867- 1934), Henri Poincaré, entre otros.

La segunda conferencia celebrada en 1913 tenía por tema principal "*La Estructura de la Materia*". Algunos participantes al mismo fueron William Lawrence Bragg, Marie Curie, Arnold Sommerfeld, Albert Einstein, Martin Knudsen (1871- 1949), Paul Langevin (1872- 1946), Ernest Rutherford, Joseph John Thomson, y Hendrik Lorentz.¹³⁸ Es hasta este momento cuando podemos ubicar a la ciencia

¹³⁷ María Eugenia Alvarado Rodríguez, *Desarrollo y percepciones de la ciencia: una mirada histórica. El caso de la UNAM*, México, UNAM- CIICH (biblioteca aprender a aprender), 2015, p. 53.

¹³⁸ Tanto Laudan como Kuhn concuerdan que los congresos Solvay marcaron un modelo, programa y paradigma del nuevo orden de la ciencia en el marco de los descubrimientos que se habían llevado a cabo en el campo de la física. Vid. Laudan, *El progreso y sus problemas*, Madrid, Ediciones Encuentro, 1986, pp.122- 176; Kuhn, *La tensión esencial*, op. cit, 212- 257.

alemana como la de mayor envergadura en occidente, la mayoría de los científicos eran alemanes o habían estudiado en alguna universidad alemana.

La Primera Guerra Mundial (PGM) modificó el panorama de los años venideros. La derrota alemana tuvo como consecuencia que el emperador fuera depuesto y la instauración de la República de Weimar en 1919. Este periodo de gran inestabilidad se debió en parte a la fragmentación parlamentaria en partidos minoritarios y al rechazo de los militares a aceptar la derrota, aunado a los acuerdos impuestos por los vencedores. Cuando la situación bélica terminó Alemania no sólo perdió recursos económicos y poblacionales también vio mermado el capital cultural que significaban los científicos. La PGM los aisló de las redes de científicos europeos y estadounidenses dando pauta a que Alemania perdiera su lugar preponderante en las ciencias física y química, además de las ingenierías.

En el periodo entreguerras en Europa entre 1918 y 1938 se organizaron encuentros Solvay a los que paulatinamente fueron readmitidos los científicos alemanes. En el caso del tercer Congreso Solvay en 1921 como consecuencia de la PGM no fue invitado ningún científico alemán. Debido a su exclusión de cualquier organización científica internacional. Esta ausencia provocó que la calidad de la conferencia bajara considerablemente, debido a que las universidades alemanas eran el lugar donde existía mayor progreso en comparación con universidades de otros países en el campo de la física moderna (teoría cuántica y teoría de la relatividad).

El tema de la conferencia fue "*Átomos y electrones*". A pesar de la ausencia de los físicos alemanes, asistieron algunos personajes destacados como William Lawrence Bragg (1890- 1971), Albert Abraham Michelson (1852- 1931), Ernest Solvay, Hendrik Lorentz, Ernest Rutherford, Robert Andrews Millikan (1868- 1953), Pieter Zeeman (1865- 1943), Marie Curie y Louis De Broglie. Bajo el mismo formato se celebró la cuarta Conferencia en 1924 de la cual también fueron excluidos los científicos alemanes, el tema fue: "*Conducción eléctrica de los metales*". Algunos personajes que asistieron fueron Ernest Rutherford, Marie Curie, Edwin Herbert Hall (1855- 1938), Hendrik Lorentz, William Henry Bragg y Peter Debye entre otros.

A principios de 1924 Louis de Broglie, quien había estado en comunicación con Planck y Einstein, defendió su tesis doctoral sobre la dualidad de la materia. Para él, el debate no era si la luz era corpuscular o en forma de onda, sino que la luz era las dos cosas a la vez, esto lo resolvió invirtiendo la pregunta: "se planteó la suposición de que las partículas tuviesen propiedades de ondas de la misma manera que las ondas tenían propiedades de partículas".¹³⁹ Esta hipótesis a pesar de no ser del agrado de los físicos alemanes fue la más aceptada por la comunidad científica en 1925 en el marco del Congreso Solvay de ese año.¹⁴⁰

El punto más alto de este periodo, y quizá el que marcó su fin, fueron las Conferencias Solvay de 1927 y 1930. Estas conferencias fueron no solamente dos de las reuniones más importantes que haya habido en la historia de la ciencia; sino

¹³⁹ Pau Artús y Ramón Crehuet, *op. cit.*, p. 44- 45.

¹⁴⁰ A partir de 1920 se dio un movimiento antirelativista motivado por un artículo de Johann von Soldner con una tendencia antisemítica que calificó cualquier aporte de Einstein como una afirmación sin sustento científico. Jean Eisenstaedt, *op. cit.*, p. 248.

que fueron las conferencias donde se construyó un nuevo paradigma de la física en el que nuevamente participaron científicos alemanes.

En la conferencia de 1927, de los 29 asistentes, 17 eran, o pronto serían, premios Nóbel (véase imagen 1). La intención de las conferencias era orientar las pautas a seguir para describir la naturaleza misma de la realidad. Era una batalla por el corazón de la física: la visión clásica de causalidad en contra de la extraña “fantasmagoría” del mundo cuántico. Esta Conferencia alcanzó fama mundial por ser la que mayor número de científicos reconocidos tuvo entre su auditorio, además de ser aquella donde los científicos alemanes volvieron asistir.

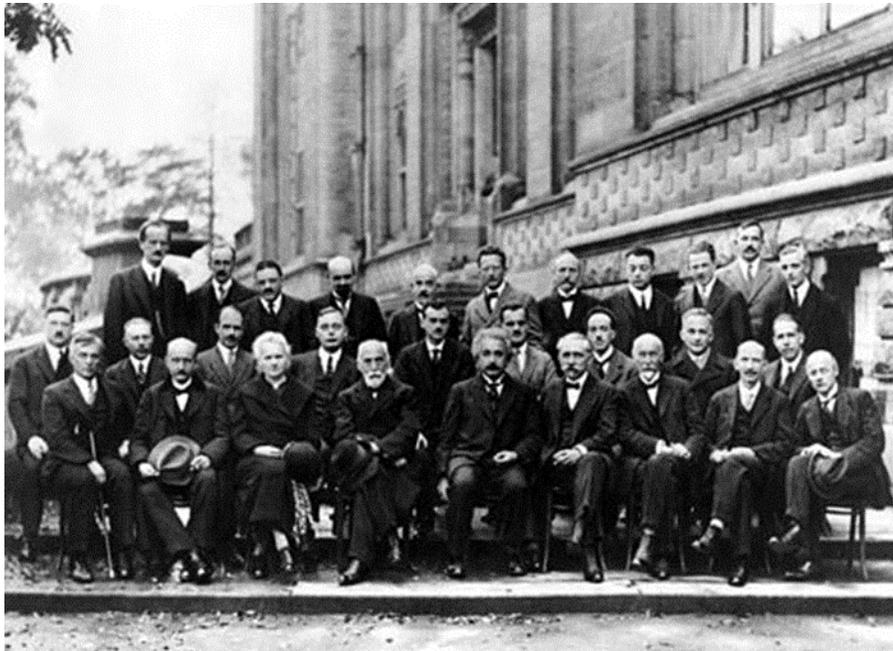


Imagen 1. El quinto congreso Solvay. Esta foto ha pasado a la historia como la reunión donde estuvieron los físicos, químicos y astrónomos más renombrados de la época. Fuente <http://www.solvayinstitutes.be/> visitado 15 de abril de 2018.¹⁴¹

¹⁴¹ La foto muestra de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba: I. Langmuir, M. Planck, Mme. Curie, H. A. Lorentz, A. Einstein, P. Langevin, Ch. E. Guye, C. T. R. Wilson, Ow. Richardson, P. Debye, M. Knudsen, W. L. Bragg, H. A. Kramers, P. A. M. Dirac, A. H. Compton, L. de Broglie, M. Born, N. Bohr, A. Piccard, E. Henriot, P. Ehrenfest, Ed. Herzen, Th. de Dunder, E. Schrödinger, E. Verschaffelt, W. Pauli, W. Heisenberg, R. H. Fowler y L. Brillouin.

En la conferencia de 1927 los grupos eran Einstein y Schrödinger versus Heisenberg y Bohr. Cada uno lideraba, respectivamente, cada bando. Einstein y Schrödinger, por un lado, estaban de acuerdo en usar las nuevas matemáticas que explicaban los comportamientos cuánticos del mundo subatómico. En sus explicaciones incluyeron la ecuación de Onda de Schrödinger y, por ende, la finalidad era llegar las conclusiones lógica- matemáticas. Einstein creía que las mediciones estadísticas de la cuántica eran aberraciones que serían superadas con las investigaciones futuras. Este problema ya había sido expuesto en 1915. En él trataron de unificar la teoría de la relatividad y el electromagnetismo a través de la geometrización de la gravedad.¹⁴² La disputa iniciada por Hilbert en 1915 aún no estaba resuelta. Planck mismo creía que “una verdad científica no triunfa convenciendo a sus oponentes y haciéndoles ver la luz: sino más bien porque sus oponentes acaban por morir y surge una nueva generación que ya está familiarizada con ella”.¹⁴³ El físico oriundo de Kiel tenía claro que la generación de científicos que se oponían a la física cuántica y los horizontes a los que se acercaba cada vez tenían menos oponentes. Ahora los grupos en conflicto buscaban darle certeza teórica antes que denostarla completamente

Einstein parecía tener un problema filosófico con el Principio de Incertidumbre de Heisenberg más que meramente físico. El principio de Heisenberg, enunciado en 1927, señalaba que una parte fundamental de la naturaleza: era que

¹⁴² David Blanco Laserna, *La teoría de la relatividad: Einstein. El espacio es cuestión de tiempo*, Madrid, RBA, 2015, p. 117- 118.

¹⁴³ Citado en Salomón Bochner, *op. cit.*, p. 133.

no se podían medir con exactitud dos características de una partícula (energía/tiempo, momento/posición) al mismo tiempo.¹⁴⁴ Es decir: que la perspectiva de la realidad en el mundo subatómico cambia según la posición y el momento en el que nos encontremos. Entonces el agente humano está presente, algo que debió molestar en demasía a los físicos y su ideal de ciencia pura. Definitivamente, la exclusión de la contingencia de la decisión y observación humana era lo que diferenciaba a las ciencias naturales de las ciencias sociales y las humanidades. Esta situación provocó que Heisenberg fuera tachado de esotérico.¹⁴⁵

Como consecuencia de la hipótesis lanzada por Heisenberg, llegó el peor agravio para la física defendida por Einstein y Schrödinger. Este segundo grupo liderado por Heisenberg y Bohr defendió que las “cosas no existen si no las estamos observando”.¹⁴⁶ Esta interpretación que propuso Heisenberg fue la más radical de la mecánica cuántica. Según ésta no se puede decir que una partícula tiene una característica hasta el momento de ser observada y medida. Esto implica que el observador modifica la observación, como ya se señaló.

El concepto que causaba escozor en Einstein era el de Complementariedad, propuesto por Bohr. Desde el siglo XVII, Isaac Newton y Christian Huygens habían debatido sobre la doble naturaleza de la luz, que se comporta simultáneamente

¹⁴⁴ Jesús Navarro Faus, *El principio de incertidumbre: Heisenberg ¿Existe el mundo cuándo no lo miras?*, Madrid, RBA, 2015, p. 63.

¹⁴⁵ *Ibidem.*, 100- 102.

¹⁴⁶ *Ibidem.*, 64.

como partícula y onda.¹⁴⁷ En las primeras líneas de este capítulo se expuso que Newton y Huygens tuvieron una polémica que derivó en la interpretación en forma de corpúsculo. Pues bien, el concepto de Complementariedad de Bohr era similar al propuesto por Huygens. La Complementariedad, según la definió Bohr, era el complemento para la Incertidumbre y la que determinaba que la mecánica cuántica era indeterminista filosófica y físicamente.¹⁴⁸ La incertidumbre dotó al principio de Incertidumbre de Heisenberg del sustento filosófico: no hay nada que se pueda medir de forma simultánea y de forma precisa.

En los años subsecuentes, Bohr fue mucho más allá de lo propuesto por de Broglie. Retomó lo propuesta del físico francés y el principio de Incertidumbre de Heisenberg. A partir de ambos, expresó que el diseño del experimento realizado era el que decidía el comportamiento de la luz, por lo tanto: regresó al agente humano al grado de enunciar que: “Si le hacemos una pregunta a la naturaleza de una forma específica, nos la responde de esa misma forma; no hay un límite definido entre observador y observación”.¹⁴⁹ Para Einstein, esto eran conjeturas metafísicas que no compartía.

Einstein defendía todas las posturas que dieran certeza científica a la mecánica cuántica. Estaba en contra de la que en años subsecuentes fue llamada la Interpretación de Copenhague. Esta interpretación de la realidad, propuesta por una rama de la física cuántica y estaba encabezada por Niels Bohr y secundada por

¹⁴⁷ Antonio J. Durán Guardado, *Newton. La fuerza más atractiva del universo*, Madrid, RBA, 2014, p. 18; Luis de la Peña, *op. cit.*, p. 6.

¹⁴⁸ Luciano Laroze, *op. cit.*, 172.

¹⁴⁹ Nadina Illescas, “*El milagro de las matemáticas: Entrevista a Alberto Barajas*”, Revista de la Universidad de México, núm. 11, 2005, p. 106.

Heisenberg y Wolfgang Pauli. De forma general se entiende como una argumentación de tipo filosófica, como casi todas las que elaboró. Bohr afirmaba que “es un error pensar que la física se encarga de decir cómo es la naturaleza. La física se ocupa de ver qué podemos decir acerca de ella”.¹⁵⁰ De este modo, Bohr y Heisenberg incluían a la mecánica cuántica en un debate filosófico sobre el empirismo y el racionalismo que tiene sus antecedentes noseológicos en Descartes y Kant.

La llamada interpretación de Copenhague es sólo una interpretación de las diversas que se ofrecieron para que la mecánica cuántica se consolidara como una explicación física. Esta interpretación surgió en el Instituto de Física teórica de Copenhague de ahí su nombre. Para formular su entramado teórico Bohr, H. A. Kramers (1894- 1952) y J. C. Slater (1900- 1976), propusieron una interrelación entre la física y la observación. A razón de la cual, afirmaron que el principio de Incertidumbre de Heisenberg encajaba en la argumentación de su teoría de la mecánica cuántica. Aunque no es la única interpretación de la mecánica cuántica si es la que imperó en estos años que se presentan en el siguiente capítulo.

De la afirmación de Bohr, se extrae la duda: ¿por qué la física clásica era determinada? El físico danés afirma que la física a partir de la mecánica cuántica no lo era; es decir, la probabilidad y la estadística la convertían en indeterminista.¹⁵¹ Lo que indicaba la imposibilidad de obtener resultados absolutos. El choque con los

¹⁵⁰Kumar, Manjit. *op. cit.*, p. 192.

¹⁵¹ Crescencio Salvador Medina Rivera, *El indeterminismo y el principio de incertidumbre de Heisenberg*, Tesis para obtener el grado de doctor en filosofía, México, Universidad Autónoma de Aguascalientes, 18 de mayo 2011, pp. 57- 58.

físicos y filósofos positivistas se acrecentó a partir de esta afirmación, para éstos la cuestión obvia era que la física no era interpretativa sino descriptiva.¹⁵² Tanto para Bohr como para Heisenberg, ninguna de las “teorías” hasta ese momento habían alcanzado dicho estatus. Su crítica partía del hecho de que todas ellas eran axiomas¹⁵³ sobre los que se cimentaba la mecánica cuántica. Esto significa que

...un electrón tiene una posición x en un tiempo t adquiere sentido sólo en un contexto experimental, no hay tal cosa como el hecho de la posición del electrón independientemente del contexto experimental en el cual medimos la posición. Exactamente como entendemos este tipo de aseveraciones, y que implicaciones tiene nuestra manera de entender este tipo de contextualización de lo que consideramos objetivo para nuestra realidad física...¹⁵⁴

Einstein en su argumentación, menos cargada de filosofía, decía que “eso que llamamos ciencia se ocupa de decir qué es” no de interpretarlo. Esa tarea le resultaba ajena a la física. La perenne discusión del racionalismo versus empirismo aún pervivía en la primera mitad del siglo XX.¹⁵⁵ La física era el intento de comprender la realidad tal cómo es, con sus características intrínsecas independientemente de quién y cómo la observa. Para Einstein, la mecánica cuántica sólo se sostenía como teoría, a partir de que los agentes azar y humano no estuviesen presentes. En un debate del que cada vez participaba menos, Planck consideraba que lo absoluto en la física debía salvarse ya que “la repetida frase

¹⁵² Pascual Jordan, *La física del siglo XX*, México, Fondo de Cultura Económica (colección Breviarios, 22), 1969, p. 114.

¹⁵³ Según el filósofo argentino- canadiense, Mario Bunge, la diferencia entre axioma y teoría está determinada por el método, así como la diferencia entre ciencia formal y ciencia fáctica. Esto quiere decir que un axioma es una respuesta tentativa a un problema científico que aún no ha sido resuelto de forma completa. En tanto que la teoría ha sido confirmada a través de diferentes experimentos. Véase, Mario Bunge, *op. cit.*, pp. 6- 23.

¹⁵⁴ Sergio F. Martínez “Un siglo en la construcción de un mapa del mundo cuántico” en *Ciencias*, México, UNAM, 63, julio- septiembre de 2001, p. 33.

¹⁵⁵ Esta vieja discusión aún perdura entre los filósofos. Para ampliar el contexto del debate entre racionalismo versus empirismo véase Rudolf Haller, “Carnap y Reichenbach en el círculo de Viena” en E. Bustos *et al* (editores), *Perspectivas actuales de lógica y filosofía de la ciencia*, Madrid, Siglo XXI editores, 1994, pp. 3- 19.

todo es relativo, es equivocada e insensata. La teoría de la relatividad [y la mecánica cuántica] está basada en algo absoluto, o sea, [...] la tarea es descubrir lo absoluto, que de por sí da sentido a algo que se considera relativo, es especialmente estimulante”.¹⁵⁶

En la conferencia Solvay de 1927, estas dos visiones del mundo, certidumbre de la física clásica e incertidumbre de la física cuántica, se enfrentaron durante días en argumentos y contraargumentos. Las conferencias pasaron a segundo plano. La anécdota más conocida de este evento señala que el debate se dio realmente en el hotel Metropole, de la capital belga, donde todos se hospedaban. Los días que duró la conferencia, Einstein, llegaba con una propuesta que parecía refutar el Principio de Incertidumbre y, tras reflexionar, Bohr encontraba una solución que lo objetaba.

La primera propuesta de Einstein pedía (véase imagen 2):

...imaginar un haz de electrones, reducido a uno por uno, entrando por una ranura en una pantalla. La interacción del pasaje por la ranura le confería cierto momento (tiempo) y desviaba su trayectoria, hasta chocar en una placa fotográfica. Einstein propuso que de esta forma se puede calcular momento y posición (lugar) al mismo tiempo. Bohr encontró el error, haciendo un diseño más real.¹⁵⁷

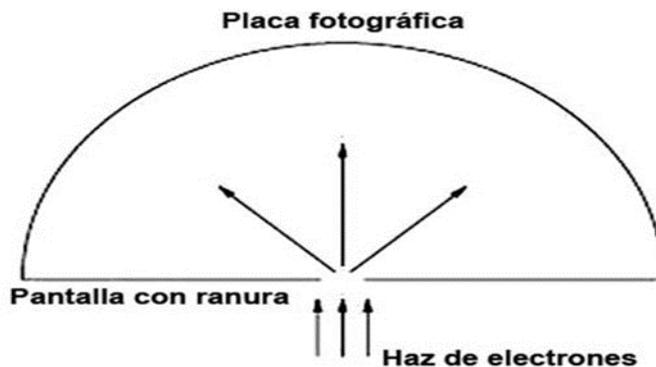
El problema del experimento de Einstein era que se basaba justamente en aquello de lo que adolecía: la geometría de la gravedad. No es que Einstein no supiera nada de geometría, pero en palabras de Hilbert, “En la obra de Einstein hay imperfecciones que no llegan a dañar sus grandes ideas, pero las ocultan de la vista”.¹⁵⁸

¹⁵⁶ Max Planck, *Autobiografía científica*, *op. cit.*, p. 245.

¹⁵⁷ George David Birkhoff, “El concepto matemático de tiempo y la gravitación”, en *Boletín de la Sociedad Matemática Mexicana*, vol. 1, no. 4 y 5, 1944, p. 4.

¹⁵⁸ David Blanco Laserna, *op. cit.*, p. 118.

Los días posteriores los experimentos entre Einstein y Bohr se volvieron cada vez más complicados, pero todas las veces fueron objetados. La tarea que Einstein se impuso fue comprobar que la mecánica cuántica carecía de coherencia interna. Por lo tanto, era un axioma que jamás se elevaría a teoría, ley o premisa, pero sus esfuerzos fueron nimios. Fue en este escenario que dijo su famosa frase: “no podía creer que Dios jugase a los dados”, aunque concedía que la cuántica “tenía un componente indiscutible de verdad objetiva”.¹⁵⁹ Era su postura sobre la filosofía la que no le permitió admitir que el mundo fuera esencialmente incierto.

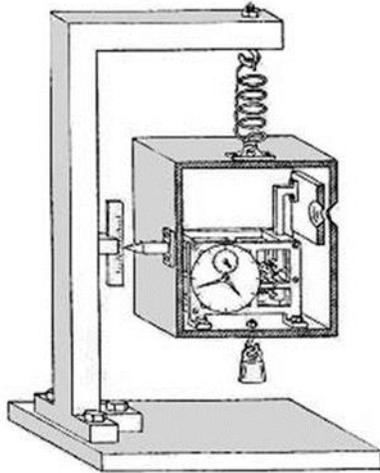


Experimento de Einstein, la caja de luz. Imagen 2. Fuente: Institute Solvay, http://www.solvayinstitutes.be/html/photo_gallery_solvayconf_physics.html consultado el 26 de octubre de 2018.

Tres años después, en la conferencia Solvay de 1930, Einstein elaboró un experimento que tomó a Bohr por sorpresa: la caja de luz (véase imagen 3). En este experimento, hay una caja de luz con fotones dentro de ella, y un reloj que está sincronizado con otro reloj afuera. La caja se pesó; después, se abre una ranura especial: se deja salir un fotón y ese instante es precisamente registrado en el reloj.

¹⁵⁹ Kumar, Manjit. *op. cit.*, pp. 172-185; 192-200.

Luego, se pesa la caja de nuevo. En conclusión, Einstein quería calcular la energía y el tiempo, una prohibición del Principio de Incertidumbre. Bohr se quedó confundido y no contestó hasta el día siguiente cuando encontró el error de Einstein.



Segundo problema propuesto por Einstein. El haz de luz. Imagen 3. Fuente: Niels Bohr Institute, <http://www.nbi.ku.dk/english/library/forstudents/refer> consultado 26 de octubre de 2018.

Para resolver el problema, Bohr explicó que Einstein había olvidado los efectos de su propia teoría general de la relatividad. Expuso que ambos relojes no pueden estar perfectamente sincronizados y menos al haber un cambio en el sistema de uno de ellos; el campo gravitacional en donde están posicionados atrasa o adelanta su funcionamiento.¹⁶⁰ A Einstein no le quedó otra opción que admitir su derrota.

La última discusión intelectual para derribar la explicación indeterminista de la mecánica cuántica, entre Einstein y Bohr ocurrió en 1935, cuando Albert Einstein

¹⁶⁰ Silvio Bergia, “Desarrollo conceptual de la teoría cuántica” en Luis Navarro Veguillas, *El siglo de la física. Interacciones ciencia*, Barcelona, Tusquets Editores, 1992, 115.

en colaboración con dos de sus estudiantes Boris Podolsky y Nathan Rosen publicó en la prestigiosa revista estadounidense *The Physical Review*, el texto conocido como paradoja Einstein Podolsky Rosen (EPR).¹⁶¹

En ese artículo aceptó que no podía atacar la coherencia interna de la teoría cuántica: la atacó por ser una teoría con falta de realismo o lo que él llamó completitud.¹⁶² A raíz de este texto, Einstein negó lo que llamó la “acción fantasmal a distancia”, lo que los físicos de hoy llaman entrelazamiento cuántico. Para él, el hecho de que una medición de una partícula en un lugar afectara la característica de otra partícula en otro lugar, violaba el principio del límite de velocidad de la luz. Su conclusión fue que la información no puede viajar instantáneamente.¹⁶³ Este tema es aún uno de los menos comprendidos del mundo cuántico.¹⁶⁴ La desesperación por darle coherencia a la física cuántica llevó en palabras de Pascual Jordan a “que muchos físicos estuvieran tentados de considerar la física clásica como algo completamente inútil para la comprensión de la física atómica y [trataran] de buscar arbitrariamente ideas nuevas y sin tradición alguna”.¹⁶⁵

Ninguno de los autores llevó el experimento a cabo, sólo lo plantearon y plasmaron los resultados supuestos.¹⁶⁶ Rosen propuso

dos partículas A y B son hechas interactuar y luego son separadas. En otro lugar, se mide el momento de A. Sin medir ni perturbar a B se puede calcular su

¹⁶¹ Albert Einstein, Boris Podolsky y N. Rosen, “Can Quantum- Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Completed?” en *The Physical Review*, Lancaster/ Pensilvania y New York, Vol. 47, Número 10, Second Series, mayo 15, 1935, pp. 777- 780.

¹⁶² *Ibidem*, p. 105.

¹⁶³ Fritz Rohrlich, “Las interpretaciones ciencia- sociedad a la luz de la mecánica cuántica y de su interpretación” en Luis Veguillas, *op. cit.*, p. 144.

¹⁶⁴ Silvio Bergia, “Desarrollo conceptual de la teoría cuántica” en Luis Navarro Veguillas, *op. cit.*, p. 108.

¹⁶⁵ Pascual Jordan, *op. cit.*, p. 107.

¹⁶⁶ Pau Artús y Ramon Crehuet, *op. cit.*, pp. 115- 116.

momento en otro lugar, por la Ley de Conservación de Momento. El hecho de que la partícula B tiene objetivamente un momento cognoscible sin ser medido es un hecho que la Teoría Cuántica no considera y es, por lo tanto, incompleta.¹⁶⁷

Bohr en su respuesta publicada en un número posterior de *The Physical Review* de ese mismo año se enfocó en lo complicado de la definición de “elementos de la realidad” del artículo EPR. Bohr señaló que suponer los elementos de un experimento le otorgaba la razón. Contradictoriamente los objetivos planteados por Einstein sirvieron de base al experimento llevado a cabo que confirmó la teoría de la mecánica cuántica. Fue hasta 1965, cuando el error en el planteamiento fue descubierto y matemáticamente descrito por John Stewart Bell.

1.3 Los científicos frente a la política: las dificultades para admitir la explicación cuántica.

Una de las dificultades que existe para cualquier científico es el acceso a los recursos. Entre 1900 y 1930, época de la conformación de los antecedentes conceptuales, epistemológicos y metodológicos de la mecánica cuántica esta relación no era distinta. Como se enunció líneas atrás, la industria era parte fundamental de los avances científicos. La industria y el Estado conformaban, de manera invariable, parte nodal de los progresos logrados por la ciencia en los países occidentales. Estos dos elementos se vieron inmersos en el desarrollo de la mecánica cuántica en los lugares donde comenzó a ser investigada. Pero como se presenta en este apartado la ciencia no es pura, al menos no en el sentido moral. Está atravesada por la contingencia, luego entonces toma diferentes características.

¹⁶⁷ Fritz Rohrlich, “Las interacciones ciencia- sociedad a la luz de la mecánica cuántica y de su interpretación” en Luis Navarro Veguillas, *op. cit.*, p. 149.

El desarrollo de la mecánica cuántica, como se observó en el punto 1.2, fue vertiginoso y hasta 1930 pareció no encontrar implicaciones políticas. Sin embargo, esto no fue así. Entre su inicio en 1900 y su culminación como teoría entre 1925 y 1930, en el mundo existió un panorama político, social y económico convulso. Dicha situación muestra que los científicos no son sujetos ajenos al contexto en el que se desenvuelven. Por ejemplo, los físicos y astrónomos holandeses tenían un lugar privilegiado dentro de las academias francesa y alemana.¹⁶⁸ Sin importar su nacionalidad, eran adoptados en los grupos de estudios de las universidades. De tal manera que se les asignaban áreas estratégicas sobre la aplicación de las ciencias exactas dentro de las políticas imperiales.¹⁶⁹ En este panorama los países que dominaban el desarrollo de la ciencia en el ámbito de la física a finales del siglo XIX y en las primeras dos décadas del siglo XX eran Alemania, Italia, Dinamarca, Inglaterra y en menor medida los Estados Unidos.¹⁷⁰

Los acontecimientos ocurridos durante esos años determinaron la utilidad del desarrollo de la física, la química y las matemáticas con fines militares. Europa era el centro de la ciencia y también el centro de la economía internacional. En ambos casos la indiscutible supremacía europea mostraba orgullosa su lugar de gendarme mundial. En el caso estadounidense durante las últimas décadas del siglo XIX hubo un aumento de 79.6% de empresas dedicadas a las manufacturas¹⁷¹ y para 1894, Estados Unidos desplazó a Inglaterra como productor del mismo sector.¹⁷² En 1900

¹⁶⁸ Lewis Pyenson, "Cultural Imperialism and Exact Sciences Revisited" en *Isis*, Chicago, vol. 84, núm. 1, 1993, p. 104.

¹⁶⁹ *Ibidem*, p. 105.

¹⁷⁰ Véase página 11.

¹⁷¹ Paul Johnson, *Estados Unidos: la historia*, Argentina, Javier Vergara Editor, 2002, p. 498.

¹⁷² *Ibid.*

esta situación comenzó a modificarse de forma alarmante: Estados Unidos hizo su aparición como una nación de primer orden en el teatro mundial. Aunque la voluntad británica aún regía el mundo, Estados Unidos empezó a despuntar en el sector industrial.¹⁷³

Uno de los ámbitos que los estadounidenses y los europeos comenzaron a disputar fue el campo académico. Desde 1870, durante la era de la Reconstrucción, los Estados Unidos comenzaron con un acelerado ascenso industrial que iba acompañado de inventos e investigación en las universidades y los laboratorios privados.¹⁷⁴ Al igual que en Alemania, las humanidades estaban siendo desplazadas por las llamadas ciencias exactas.¹⁷⁵ Se consideraba que el futuro pertenecería a quien administrara mejor los recursos naturales. Por esa razón, las ingenierías adquirieron suma importancia en los modelos educativos de los distintos países (como ocurrió en México, este tema se trabaja en el capítulo 2). Desde luego, la mecánica cuántica como campo de estudio se benefició de ello,¹⁷⁶ como se demostró en el apartado anterior.

La relación que se desarrolló entre la ciencia y el imperialismo de finales del siglo XIX y las primeras décadas del siglo XX demuestra que hubo una interrelación

¹⁷³ Elena Hernández Sandoica, “La expansión de los europeos por el mundo” en Julio Aróstegui, Cristian Buchrucker y Jorge Saborido (directores), *El mundo contemporáneo: historia y problemas*, Barcelona/ Buenos Aires, Crítica/ Editorial Biblos, 2001, p. 359. John Luckas afirma que el siglo XX, y, sobre todo, hacia 1914 la supremacía británica y francesa estaban en franco descenso mientras que Estados Unidos y Alemania se disputaban la supremacía mundial, la cual fue necesario definir en dos Guerras Mundiales. El autor sugiere que el siglo XX es el siglo de Estados Unidos como potencia militar, económica y cultural. Véase John Lukacs, *Historia mínima del siglo XX*, México, El Colegio de México/ Turner, 2017, pp. 9- 25.

¹⁷⁴ En Estados Unidos las universidades de alto prestigio son de tipo privado. Es el caso de las que integran la llamada Ivy Lique

¹⁷⁵ Fritz K. Ringer, *op. cit.*, pp. 52-53.

¹⁷⁶ Cfr. Lewis Pyenson y Douglas Skopp, “Physicists in Germany circa 1900”, en *Social Studies of Science*, Londres, Sage Publications Ltd. vol. 7, núm. 3, 1977, p. 333.

de factores: económicos, políticos y sociales que deben ser considerados para comprender la influencia, formación y validación de los conocimientos científicos desarrollados.¹⁷⁷ La universidad en el caso inglés se convirtió en el motor del desarrollo científico entre 1880 y 1914.¹⁷⁸ En función de su sistema universitario buscó competir con sus principales rivales: Estados Unidos y Alemania, por el mercado mundial.

El sistema mundial comandado entre 1870 y 1914 por Inglaterra buscaba acercarse a los procesos industriales dominados por Estados Unidos y Alemania. Específicamente en el sector de la química y la electricidad (nichos donde la mecánica cuántica encontró su desarrollo) además de los motores automotrices.¹⁷⁹ La investigación del cuerpo negro y la termodinámica que derivó en la mecánica cuántica responde a los mismos elementos sociohistóricos que delimitaban a las otras áreas del saber; es decir, respondía a los intereses de la industria y la geopolítica de los Estados-nación. Entonces es válido preguntar ¿Cuál fue la función política de los conocimientos adquiridos de la mecánica cuántica? O más bien ¿Tuvo alguna función el conocimiento que se estaba generando?

A lo largo del capítulo se ha afirmado que el internacionalismo era parte fundamental del intercambio científico y que casi todos los científicos lo defendieron. Aquellos que vieron mermados sus oportunidades de formar parte del firmamento

¹⁷⁷Paolo Palladino y Michael Worboys, “Science and Imperialism” en *Isis*, Chicago, The University of Chicago Press, núm. 1, vol. 84, marzo de 1993, p. 92.

¹⁷⁸Michael Sanderson, “The University of London and Industrial Progress 1880- 1914” en *Journal of Contemporary History*, Londres, Sage Publications Ltd., núm. 3/4, vol. 7, julio- octubre de 1972, pp.243- 244.

¹⁷⁹ Patrick J. McGowan y Bohdan Kordan, “Imperialism in World- System Perspective: Britain 1870- 1914”, en *International Studies Quarterly*, vol., 25, núm., 1, 1981, p. 50. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/2600210> 15 de junio de 2018.

científico que representaban los Congresos Solvay fueron la excepción. Esta razón, además de otras que se presentan en las siguientes líneas, fue por la cual muchos científicos apoyaron ideas nacionalistas durante las décadas de 1920 y 1930 en diferentes partes de Europa.

Los esfuerzos bélicos que hizo Alemania durante la PGM provocaron que el país cayera en una crisis económica que se agudizó como consecuencia del Tratado de Versalles. De él se desprendía que la naciente república de Weimar (1919- 1933) tendría que pagar grandes cantidades de dinero a Francia e Inglaterra durante de la posguerra. La inflación del marco alemán arruinó a gran parte de la clase media, situación que se agravó tras la Gran Depresión de 1929. La impresión irracional de dinero durante la república de Weimar produjo la devaluación de la moneda lo que debilitó a toda la economía alemana.

Este escenario afectó a las universidades que lucharon por sobrevivir y por mantener la investigación a pesar de las dificultades económicas en las que estaba inmersa Alemania. Planck desde su lugar preponderante en la academia alemana buscó mantener los apoyos, aunque fueran a costa de su propio dinero.¹⁸⁰ En el caso de la industria alemana que sobrevivió a la guerra financió la investigación en la medida de lo posible; Lufthansa, BMW, Daimler- Benz, Volkswagen e IG Farben (actualmente Bayern) fueron empresas que a través de sus laboratorios buscaron reactivar la ciencia alemana en beneficio de la industria. Su desesperada situación económica las llevó a apoyar el régimen de Hitler.¹⁸¹ Este escenario muestra

¹⁸⁰ Max Planck, *Scientific Autobiography and Others papers*, *Op. cit.*, p. 31.

¹⁸¹ Javier Meza González, “Ciencia, negocios y ética” en *Veredas. Revista del pensamiento sociológico*, México, UAM-X, año 9, número 17, 2008, p. 169.

claramente la relación entre ciencia, tecnología y sociedad, los cuales están inmersos en el campo de la política pública científica.¹⁸²

Una situación similar ocurrió con la ciencia francesa e inglesa las cuales necesitaron apoyo de las respectivas industrias de su país. Sin embargo, no pudieron evitar que el internacionalismo que había caracterizado a la ciencia europea se rompiera. Las redes académicas se fracturaron entre 1922 y 1936, donde alrededor de 15 científicos entre químicos, físicos y matemáticos emigraron de Alemania.¹⁸³ Las condiciones previas a la PGM desaparecieron por completo; como resultado de ello se construyeron nuevas redes, es así como surgió una estrecha colaboración entre científicos británicos y estadounidenses. Las revistas científicas son un ejemplo de ese fenómeno, el cual curiosamente ha sido poco estudiado desde una perspectiva histórica. Las revistas de divulgación científica europeas dejaron su lugar de primacía, el cual fue tomado por las revistas estadounidenses: *The Physical Review* es un ejemplo. Después de 1930 hizo su aparición la física nuclear. Si bien es válido objetar que la física cuántica y la física nuclear son distintas, también es cierto que la primera se nutrió de elementos, experimentos y elaboraciones teóricas de la segunda.

La situación expuesta hizo que en Alemania hubiera una situación propicia para el auge de ideas nacionalistas y de ultraderecha. En las elecciones de 1933,

¹⁸² Cfr. Stephen H. Cutcliffe, *Ideas, máquinas y valores. Los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, México, UAM-I/ Anthropos, 2003, pp. 107- 111.

¹⁸³ Claudia Carbajal Segura, “Cómo los científicos pasaron de sus laboratorios a ser protagonistas de la historia” en Martha Ortega Soto y Federico Lazarín Mirando (Coords.), *Los inicios de la física nuclear y el Fondo Manuel Sandoval Vallarta. Estudios de caso*, México, UAM-I/ Ediciones del Lirio, 2016, pp. 107- 114.

el partido nacionalsocialista llegó al poder y con él finalizó la primera experiencia democrática alemana. La adversidad económica, debida tanto a las condiciones de la paz como a la gran depresión mundial, es marcada como una explicación por la que los partidos antidemocráticos, tanto de derecha como de izquierda, fueron apoyados por los votantes alemanes. En las elecciones extraordinarias de julio y noviembre de 1932, los nazis obtuvieron los votos necesarios para ascender al poder. El 30 de enero de 1933, Adolfo Hitler fue nombrado jefe de gobierno. Con esto surgiría una nueva relación de los científicos con el gobierno alemán.

La relación que surgió entre los científicos con Planck a la cabeza de ellos y Hitler no fue nada fácil. A partir de 1933, las universidades y toda la educación en general entraron al programa político del partido nacionalsocialista. Cada una de las esferas de la sociedad alemana fue impregnándose de la ideología del partido en el poder. Su carismático líder convenció a la sociedad alemana a través de un discurso nacionalista, de su superioridad. Hizo uso del argumento de que los alemanes no fueron derrotados en la PGM, si no que habían sido traicionados por los que conformaron la república de Weimar.

Desde el ascenso al poder de Hitler los nacionalsocialistas fueron interviniendo todas las áreas de la sociedad, y las universidades alemanas no fueron la excepción. En el verano de 1933 los profesores de física teórica de la universidad de Berlín se presentaron ante el canciller del Tercer Reich para hacer peticiones sobre las políticas que se estaban llevando a cabo en las universidades. En primer lugar, abogaron por Albert Einstein, quien meses atrás había viajado a los Estados Unidos y no regresó por las políticas antijudías existentes en Alemania; en segundo

lugar, solicitaron que se respetara a los profesores de origen judío que estaban en las universidades; y en tercer lugar que se permitiera la libre investigación en los institutos universitarios.

El caso que llevó a los científicos ante la máxima figura política en Alemania fue el del profesor de química: Fritz Haber, de origen judío, amigo de Planck y ganador del premio nobel en 1918.¹⁸⁴ Irónicamente Haber fue uno de los científicos que más contribuyó a la causa alemana en la PGM con sus innovaciones en la agroquímica.¹⁸⁵ No obstante, ante los ojos de los nacionalsocialistas su sangre judía era un motivo por demás suficiente para removerlo de su cargo. Haber fue uno de los primeros en ser excluido de las universidades por las políticas implementadas por los nazis.

Los casos de Haber y Einstein llevaron a Planck a presentarse ante Hitler, argumentando que estos científicos eran valiosos para el régimen alemán.¹⁸⁶ Sin embargo, según lo describe el propio Planck: “Hitler en un tono de voz violento, respondió que él no tenía nada en contra de los judíos, pero que todos ellos eran comunistas y esos sí eran sus enemigos, y contra esos es que emprendía su lucha.”¹⁸⁷ Planck replicó que había judíos que eran beneficiosos para el Estado alemán y que en algunos de ellos había lo mejor de la cultura alemana,¹⁸⁸ Hitler le respondió que eso no era cierto y que judío era judío.¹⁸⁹

¹⁸⁴ James O’Flaherty, “Max Planck and Adolf Hitler” en *AAUP Bulletin*, Vol. 42, No. 3, Autumn, 1956 p. 439.

¹⁸⁵ *Ibid.*

¹⁸⁶ Fritz Stern, *El mundo alemán de Einstein. La promesa de una cultura*, Barcelona, Paidós, 2003, p. 71.

¹⁸⁷ O’Flaherty, *Max Planck and Adolf Hitler*, *op. cit.*, p. 439.

¹⁸⁸ Planck citado en *Ibid.*, p. 439.

¹⁸⁹ *Ibidem.*

Para los nazis, Planck tenía una importancia capital. Según Max von Laue, ellos querían presentarlo como el físico teórico ario más importante, sin mancha judía.¹⁹⁰ Lo curioso de Planck fue que a pesar de que el régimen nazi asesinó a su hijo, quien estaba inmerso en un complot para asesinar a Hitler en 1944. Sumadas a las cartas fallidas de parte de Planck para pedir que lo perdonaran, el teórico de Kiel siguió fiel al régimen. Él siempre argumentó que sólo una comunidad de científicos podía salvar la ciencia en Alemania cuando todo llegase a pasar.¹⁹¹

1.4 Los grupos científicos de la mecánica cuántica

Presentar a la mecánica cuántica como una mera construcción filosófica sería un error. Debido a que es ante todo una propuesta que buscaba explicar la naturaleza del mundo subatómico con la finalidad de controlar la naturaleza y no sólo comprenderla. Esa condición hizo diferente a esta generación de científicos y pensadores de los pensadores de las décadas anteriores. Habían dejado atrás el saber por el sólo motivo de la verdad; ahora existía un aliciente industrial, después de todo algunos trabajaban para grandes empresas.¹⁹²

La mecánica cuántica se ancló conceptualmente, primero en la mecánica matricial de Heisenberg y la mecánica ondulatoria de Kramers y Schrödinger. Las matemáticas elaboradas para la cuántica fueron un trabajo que los matemáticos Hilbert y von Neumann (1903- 1957), elaboraron para sostener todo su esquema

¹⁹⁰ James O'Flaherty, "A Humanist look at Max Planck" en *American Scientist*, Vol. 47, No. 1, marzo 1959, p. 70.

¹⁹¹ *Ibidem*, p. 74.

¹⁹² El lector podría objetar que tanto la ciencia que elaboraron Galileo o Newton tenía intenciones prácticas. No obstante, ninguno de ellos lo hizo en función de directrices económicas. El caso de Newton, el cual pertenecía a la Royal Society, elaboró sus conjeturas filosóficas- matemáticas, creyendo en la verdad como máximo ideal para alcanzar a Dios. Cfr. Peter Dean, *op. cit.*, pp. 127- 129; Marie Boas, "The Establishment of the Mechanical Philosophy", en *Osiris*, Baltimore, vol. 10, 1952, pp. 413- 433.

conceptual. Ambos afirmaban que las matemáticas daban rigor a la teoría, lo que la salvaba del esoterismo en el que había caído. Esta dimensión matemática dio paso a la relación entre ciencia, tecnología y sociedad a partir de esta teoría. Los matemáticos, físicos y químicos teorizaron sobre la mecánica cuántica al mismo tiempo que los astrónomos e ingenieros comenzaron a encontrar aplicaciones prácticas. Los Estados vieron el potencial militar y económico que tenía el nuevo conocimiento y buscaron sacar provecho.

La relación que construyeron los científicos entre 1900 y 1930 de la cuántica con las altas cantidades de energía estuvo en función de la física nuclear. Su relación es uno de los antecedentes que los sociólogos, como Javier Echeverría, han denominado la *Big Science*. Este concepto en la historia de la ciencia hace una distinción entre los científicos y pensadores de carácter aristocrático como Newton, Maxwell o Franklin con los nuevos científicos adheridos a los intereses de los Estados nacionales.¹⁹³ Dicha caracterización sirve para el caso de los científicos europeos del periodo entreguerras que se ha mostrado hasta este momento. Aunque su caso no es exclusivo debido a que se hace referencia a él en el capítulo 3 de esta tesis.

La mecánica cuántica tuvo una relación intrínseca con el campo de la física nuclear. Las dos tuvieron un desarrollo a la par y muchos de los preceptos de un área sirvieron como adelanto en la otra durante sus primeros años de formación. Sólo la especialización que cualquier campo de la ciencia requiere hizo que se

¹⁹³ Javier Echeverría, *La revolución tecnológica*, España, Fondo de Cultura Económica, 2003, p.21.

alejaban entre si dentro de la misma física. Los conocimientos generados a partir de la cuántica y sus antecedentes del cuerpo negro, dieron como resultado la entrada de la ciencia al ámbito económico.

En las primeras páginas de este capítulo se señaló que la construcción de la mecánica cuántica estuvo a cargo de al menos 30 científicos; todos ellos provenientes de distintos campos como la física, la química, la matemática y la astronomía. No obstante, detrás de ellos hubo equipos de trabajo que lograron contribuciones menos espectaculares, pero igual de decisivas en la conformación del paradigma cuántico. El conocimiento se comenzó a difundir desde la aparición de la mecánica cuántica; de tal manera que para cuando la SGM terminó (1945) el modelo cuántico era un área establecida en los centros de investigaciones. La diferencia era que los centros científicos hegemónicos habían dejado de ser los europeos. Estados Unidos y la URSS habían ocupado ese lugar. Otro cambio fueron los científicos involucrados en la teoría; ya que para ese momento había aproximadamente 60 científicos reconocidos en el campo de física alrededor del mundo. Todos ellos habían contribuido de alguna manera al paradigma cuántico,¹⁹⁴ aunque seguía sin existir un consenso sobre la naturaleza del mundo físico.

La tesis doctoral que llevó por título *Sobre el segundo principio de la termodinámica* presentada en 1879 por Planck cimbró los conocimientos que la física daba por hecho hasta el siglo XIX. A partir de ese momento la cantidad de

¹⁹⁴ Wisniak, Jaime, "Conservation of Energy. Reading of the Origins of the First Law of Thermodynamics. Part II, en *Educación química*, 2008, pp. 216- 225. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v19n3/v19n3a10.pdf> . Consultado el 7 de julio de 2018.

investigaciones y publicaciones hizo que se compartiera el conocimiento, es decir: no se quedó en un círculo de prominentes físicos. Otros científicos fueron formados al mismo tiempo que la mecánica cuántica estaba formulándose. Se crearon escuelas de física y química teórica, así como de experimental, siempre teniendo alrededor a los matemáticos y astrónomos, entonces: ¿Cómo se conformaron los grupos científicos y cuáles eran las relaciones entre ellos? La respuesta a esta pregunta pasa por presentar a los científicos como agentes que tenían intereses políticos y de poder en la comunidad científica.

Los grupos de científicos en torno a la cuántica es posible ordenarlos en función de tres vectores dentro de la comunidad científica imperante en su momento: 1) los que se preocuparon por establecer magnitudes a la energía; 2) los fundadores de la mecánica cuántica y 3) aquellos que se encargaron de teorizarla, darle fundamentos matemáticos y encontrarle una utilidad. Luego entonces, están una serie de individuos que conforman las redes quienes necesitan identidad; debido a que a través de sus intereses particulares le otorgan identidad a toda una comunidad científica. Por lo que se puede hablar de una cultura organizacional dentro de la propia comunidad donde el ego principal infunde características a dicha estructura organizacional.¹⁹⁵

No se propone que la estructura de la organización anule al individuo, sino que éste, siguiendo a Andrews le da elementos identitarios a la organización donde se encuentran los actores de las redes. En el mismo sentido, Imizcoz, define a la

¹⁹⁵ Steven B. Andrews, Carleen R. Basler y Xavier Coller, “redes, cultura e identidad en las organizaciones” en *REIS*, número 97, 2002, pp. 32- 36.

red de relaciones como una estructura que pesa sobre los individuos, pero al mismo tiempo esa estructura es un efecto emergente de la acción de los actores sociales.¹⁹⁶

Los actores que conforman la red de la primera etapa de la cuántica es la que versa sobre la energía y su necesidad por dotarla de magnitudes con la finalidad de hacerla medible. El siglo XIX fue testigo de los esfuerzos que iniciaron James Bradley y Carnot, el cual retomó Thomas Young con la intención de definir lo que era la energía. A partir de ahí el concepto de energía fue retomado por, Joule, Faraday y Rayleigh para la conceptualizar la energía de una manera ajena a la newtoniana.

Los caracteres culturales que compartían eran la renovación de la ciencia europea bajo el esquema de la disputa entre Descartes y Newton, así como la de Newton y Leibniz. La finalidad de estos pensadores era dar argumentos que dieran la razón a la formulación de la energía que había elaborado Newton. La energía tenía dos atribuciones distintas: por un lado, la newtoniana, la cual reinaba en las islas británicas; mientras que la postura cartesiana dominaba en la Europa continental como el mismo Voltaire en su estancia en Inglaterra lo había asegurado en 1728.¹⁹⁷ Además estos elementos también compartían que todos ellos habían nacido aún durante el siglo XVIII y sus aportes los realizaron durante las primeras décadas del siglo XIX.

¹⁹⁶ José María Imizcoz, “Actores, redes, procesos: reflexiones para una historia más global” en *Revista da facultade de letras Historia*, Porto, Porto III serie, vol. 5, 2004, pp. 127.

¹⁹⁷ Luis de la Peña, “Los conceptos de la física del presente siglo” en *op. cit.*, p. 94.

El segundo grupo está conformado por Johann Jakob Balmer (1825- 1898), Julius Robert von Meyer, Clausius, Helmholtz, Boltzmann, Francis Fitzgerald (1851- 1901), Wilhem Wien (1864- 1928), Albert Ladenburg (1842- 1911), Rutherford, Roegten, Kelvin, Kirchhoff, Haber, Planck, J. J. Thomson, Hilbert, Lorentz, Wilhelm Ostwald (1853- 1932) y Ernest Mach (1838- 1916). Todos los actores en este segundo grupo tienen como similitud haber nacido durante las décadas de 1830 y 1850 del siglo XIX; elaboraron sus aportes a una disciplina como la física que aún en esas fechas estaba en construcción. Sin embargo, no gozaron de reconocimiento dentro de las académicas europeas, salvo algunas excepciones, por lo que debieron luchar por recursos, privados y estatales.

En la mayoría de los casos, sólo exceptuando a Planck que trabajó con Kirchhoff, Clausius, Helmholtz en diferentes etapas y en todas ellas como alumno, ninguno de ellos laboró de manera conjunta. La mayoría de las veces no conocían el trabajo de otros científicos. Debido en parte a que las redes académicas extendidas por todo Europa no siempre incluían a todos los actores del momento. Por lo que conforman lo que Scott denomina rasgos culturales a través de los cuales pudieran conocer el trabajo del otro

Las características generales de la ciencia se datan en las raíces de los valores culturales y simbólicos. Las redes [...] para las ciencias naturales, [...] están constituidas por el pensamiento, significados, motivos y definiciones y tipificaciones de los hechos sociales. [...] este significado en la producción de las ciencias [...], ahora a través de las redes se puede dar un nuevo proceso de interpretación de los hechos sociales.¹⁹⁸

El elemento identitario a partir de las redes apoya la tesis de Stuart Hall quien enuncia que hay una triple dinámica de la identidad en un proceso de prácticas

¹⁹⁸ John Scott, *Social Network Analysis*, Londres, Sage Publications, 2000, p. 2.

simbólicas.¹⁹⁹ Este proceso es una manera de entender el modelo cultural de los científicos que dio como origen a la mecánica cuántica. No es que todos ellos tuvieran comunicación constante o que conocieran los trabajos que se estaban realizando simultáneamente al suyo. Lo que se sugiere es que el hecho de formar parte de una cultura en particular, en este caso la europea, les permitía conocer los intereses de la época.

El enlace entre la generación de la segunda mitad del siglo XIX y la de principios del siglo XX fue Planck, quien justamente abrió el siglo con su revolucionaria propuesta sobre el calor. De ella se desprendió que la energía está en forma de paquetes, los famosos cuantos (de donde toma el nombre la mecánica cuántica). Planck, fue profesor, asesor y amigo de muchos de los que conformaron este tercer grupo. En dicho grupo se encontraban: Walther Ritz (1878- 1909), H. Becquerel, E. Rutherford, Satyendra. Bose (1894- 1974), Born, L. Meitner, Emily Nöther (1882- 1935), Otto Han, A. Compton, J. C Slater, H. A. Kramers, Walther Bothe (1891- 1957), Hans Geiger (1882- 1945), Pascual Jordan (1902- 1980), Oppenheimer, P. Dirac y Max Jammer (1915- 2010). En este conjunto sobresalen los nombres de Heisenberg, de Broglie, Bohr, Schrödinger y Einstein.

Este tercer conjunto de científicos nació durante el último cuarto del siglo XIX, además de haber trabajado un tema que estaba en boga: el estudio del átomo, sus propiedades físicas, químicas, formulaciones matemáticas e implicaciones sociales. Fueron también la generación de científicos que vivió las dos guerras mundiales, la

¹⁹⁹ Stuart Hall, "Introducción: ¿Quién necesita la "identidad"?" en Valentina Torres Septién (Coord.), *Producción de sentidos 2*, México, Universidad Iberoamericana, 2006, 225- 253.

explosión de la bomba atómica²⁰⁰ y el cambio del orden mundial con una Europa en ruinas. En algunos casos migraron a los Estados Unidos, en menor medida a Inglaterra u otras partes del mundo. Casi ninguno regresó a sus países de origen: Alemania, Austria y Hungría principalmente.

Con este tercer cohorte generacional la mecánica cuántica alcanzó sus formulaciones matemáticas y físicas más acabadas. Después de esta última generación se dejaron de lado las preocupaciones filosóficas, epistémicas y sociales. La mecánica cuántica había alcanzado desde 1925 y 1930 sus referentes matemáticos, los años siguientes fueron de discusión filosófica; sin embargo, el debate sobre su epistemología concluyó a inicios de la década de 1940, momento donde comenzó una etapa diferente.

1.5 Conclusiones

A partir de la década de 1940, el debate por la naturaleza de la realidad llegó a su fin. Dirac, quien no participó del debate filosófico, pero si aportó a la comprensión química, creía que lo importante es que sabemos usar las ecuaciones, aunque no se entienda la mecánica cuántica.²⁰¹

Las ecuaciones que provienen de este paradigma pasaron a primer término dejando de lado las discusiones filosóficas. Con ello no se afirma que las discusiones que tuvieron los físicos fueron puramente filosóficas. Gran parte del aporte, sino que el mayor, de la física cuántica fue sin duda alguna: los retos

²⁰⁰ Natividad Carpintero Santamaría, *La bomba atómica. El factor humano en la Segunda Guerra Mundial*, España, 2007, pp. 199, 217 y 231.

²⁰¹ Fritz Rohrlich, “Las interacciones ciencia- sociedad a la luz de la mecánica cuántica y de su interpretación” en Luis Navarro Veguillas, *et.al., op. cit.*, p. 134.

matemáticos que superó para explicar el comportamiento de la naturaleza del mundo subatómico. A pesar de ello, la contribución filosófica fue igual de importante como se ha mostrado en este capítulo. Los físicos de esa época comprendieron que a la par de las matemáticas y la física corría la filosofía. Esto tal vez se deba a que, a diferencia del mundo académico latino, en la academia anglosajona las matemáticas son tomadas como la filosofía de la naturaleza. De esa organización devino que no existió la división que existe en otras partes del mundo, donde la filosofía y la matemática son dos saberes inconmensurables en palabras de Feyerabend.

Las ecuaciones que se desarrollaron a partir de la mecánica cuántica dieron acceso en gran medida a la tecnología actual: celulares, DVD's, localizadores GPS, tecnología automotriz, computación, armamento, entre otros. Los químicos, físicos, matemáticos, astrónomos e ingenieros las utilizan sin inquietarse por los problemas filosóficos que tuvo la definición de la mecánica cuántica.

Después de Einstein y Bohr, los físicos dejaron de preocuparse de las implicaciones filosóficas de la mecánica cuántica y sus descubrimientos. Bohr dijo que “no hay un mundo cuántico, sólo hay lo que decimos de él”.²⁰² Einstein pasó los años buscando una teoría unificada que salvará la realidad independientemente del observador. Como se observa hasta este momento la ciencia no sólo es impulsada por su lógica interna, más bien encuentra su impulso primordial en las creencias. Las motivaciones personales, políticas y hasta religiosas de los que la practican,

²⁰² Charles P. Snow, *Las dos culturas*, Buenos Aires, Nueva Visión, 2010, p. 77.

“refleja la historia, la estructura de poder y el clima político de la comunidad que la apoya”.²⁰³

Charles P. Snow, en su texto *Las Dos Culturas*, se lamentó del abismo que separa el discurso científico del literario. En una afirmación un tanto exagerada, pero no necesariamente equivocada, sobre el debate Einstein-Bohr, Snow dice que “nunca ha habido un debate intelectual más profundo y es una lástima que dada su naturaleza, no pueda ser del común conocimiento de la gente”.²⁰⁴ Este debate sin lugar a duda, se inserta entre los grandes debates intelectuales que ha habido en cualquier área del saber.

²⁰³ María Eugenia Alvarado Rodríguez, *op. cit.*, p. 53.

²⁰⁴ *Ibid.*

Capítulo 2. La institucionalización de las ciencias en México, 1920-1940: la física cuántica

Uno de los principales objetos de la investigación teórica en cualquier compartimiento del conocimiento es encontrar el punto desde el cual el tema se manifiesta con su máxima simplicidad.

Discurso de J. W. Gibbs, al aceptar la medalla Rumford de la *American Academy of Arts and Science* de Boston, 1902.

En el siglo XIX las matemáticas cobraron un valor fundamental para la física: dotaron de un lenguaje matemático a los fenómenos del orden natural que incidían de forma cercana en la esfera humana. Tradicionalmente la tríada física-astronomía- matemáticas explicaba el cosmos, pero no la naturaleza de la que estaban compuestos los seres humanos, lo que hacía pensar que los fenómenos de la física no incidían en los hombres.²⁰⁵ A diferencia de esa relación las nuevas matemáticas soportaban teóricamente una física que buscó implicarse en la vida cotidiana. Con la búsqueda de la estructura del átomo y su investigación en la última década del siglo XIX y la primera del nuevo siglo comenzó una relación cada vez más estrecha de la física con la química que derivó en nuevos avances de la ciencia.

A pesar del entusiasmo que desató la revolución física en el siglo XX, no todos los países contaban con personal calificado para realizar una aportación reconocida. De tal suerte que ese conocimiento se desarrolló en algunos países de Europa central y occidental, y Estados Unidos, lugares donde estudiaron algunos científicos latinoamericanos. Los físicos, matemáticos, químicos y astrónomos de

²⁰⁵ Stefan Pohl Valero, *Energía y cultura: historia de la termodinámica en la España de la segunda mitad del siglo XIX*, Barcelona, Editorial Pontificia Universidad Javeriana, 2011, p. 75.

diferentes partes del mundo querían aportar al desarrollo de las teorías cuántica y relativista.

La institucionalización de las ciencias en el siglo XX ha sido un ámbito que se ha estudiado de forma sistemática. El caso mexicano no escapa a esa tendencia. Gran parte de la historiografía posrevolucionaria insistió en presentar los logros del nuevo Estado mexicano; aunque innegables, no sé puede afirmar que las instituciones emanaron como consecuencia de la consolidación de los gobiernos posrevolucionarios.²⁰⁶ No con ello se niegan los recursos que las instituciones recibieron de parte del gobierno federal. Las ciencias puras, básicas y sociales fueron parte de una transformación que derivó en su institucionalización en toda América latina. No obstante, como se presenta a lo largo del capítulo estas áreas tenían saberes que venían de tiempo atrás.

Este capítulo se divide en tres apartados; en el primero se presenta una reconstrucción del proceso que ocurrió entre 1920 y 1940 en torno a la institucionalización de las ciencias en México. Dentro de esta trama resalta el papel que tuvieron las comunidades científicas mexicanas, de tal manera que es válido preguntar: ¿Las comunidades científicas promovieron y gestionaron la fundación de los institutos y universidades o fue una política estatal del que, como consecuencia de la creación de estos, se originaron las comunidades científicas modernas en México?

²⁰⁶ El estudio de Javier Garciadiego, *Rudos contra científicos. La Universidad Nacional durante la revolución mexicana*, México, El Colegio de México/UNAM, 2000, es un ejemplo de una construcción de esa historiografía que ha presentado a la Revolución Mexicana como un parteaguas de las instituciones educativas universitarias en México.

Las comunidades académicas y científicas que, en este último caso, no necesariamente son inversamente proporcionales, conforman la segunda parte del capítulo. Aquí se presenta la relación entre las comunidades científicas y las generaciones en el caso de los actores de la institucionalización de la ciencia en México.

En la tercera parte se demuestra que el desarrollo de la cuántica fue explorado en fechas tempranas en el escenario científico- académico mexicano al mismo tiempo que por mexicanos en el extranjero. Un problema que surge al momento de acercarse a la historia de la ciencia en el caso de la mecánica cuántica es que al parecer dicha teoría a diferencia de la relatividad, se estudió poco en el momento en que estaban en boga en Europa. Esto muestra una diferencia con respecto a los años posteriores, cuando la institucionalización influyó en la transmisión, interpretación y generación del conocimiento de ambas. Esto indica que la explicación de la historia de la mecánica cuántica en México, durante este periodo, debe alejarse de términos duales: éxito o fracaso, recepción o periferia o, copia o invención no permiten explicar el tema. Más bien el desarrollo científico debe entenderse a través de condiciones específicas para el caso mexicano y explorar las posibilidades que había para su estudio.²⁰⁷

2.1 La política científica: las primeras instituciones

La Segunda Revolución Industrial tuvo auge en el último cuarto del siglo XIX y la primera década del siglo XX con el empleo de la electricidad y el petróleo. Esta

²⁰⁷ A. Papanelopoulou F, "Science and Technology, and the Public in the European Periphery. A report of the 5th Step meeting" en *Journal of Science Communication*, 5, Menorca, junio 2006, p. 6. Este autor explora la idea de periferia en el caso europeo y, específicamente, español.

etapa fue un momento clave en la relación entre el uso de los recursos naturales y el sistema de producción industrial capitalista. Nuevas potencias como Estados Unidos y Alemania, además de las antiguas potencias como Inglaterra²⁰⁸ y Francia llevaron sus inventos e innovaciones a todo el mundo. Los dos primeros países tuvieron múltiples patentes en áreas de la química y la electricidad,²⁰⁹ mientras que los segundos lo hicieron en el campo de la medicina. Las manufacturas inglesas también incluyeron materiales para laboratorios de física y química lo que muestra la importancia que estas áreas tenían en el desarrollo de su ciencia y desarrollo industrial.²¹⁰

El caso de la electricidad es un ejemplo prototípico de cómo funcionaban la ciencia y la tecnología en la segunda mitad del siglo XIX: J.C. Maxwell realizó sus estudios teóricos en el campo del electromagnetismo entre 1850 y 1865, años antes de los inventos de Samuel Morse, Alexander Graham Bell, Thomas Edison y Nikola Tesla. En la década de 1880 J. W. Strutt con estas innovaciones presentes, y los estudios previos de los ingenieros escoceses de la Universidad de Glasgow en electricidad y magnetismo, realizó estudios teóricos y prácticos en laboratorios para encontrar las razones del comportamiento de los diferentes inventos señalados.²¹¹

²⁰⁸ Jesús M. Zaratiegui, Los empresarios ingleses de la época victoriana” Navarra, Universidad de Navarra, s/f. Consultado en pdf. <https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/6102/1/Caballeros%20y%20empresarios.pdf>

²⁰⁹ Paolo Palladino, “Science and Imperialism” en *Isis*, Chicago, The University of Chicago Press, núm. 1, vol. 84, marzo de 1993, 91- 102; Ben Marsden and Crosbie Smith, *Engineering Empires. A cultural History of Technology in Nineteenth- Century Britain*, Tottenham, Palgrave- Macmillan, 2005, pp. 129- 177.

²¹⁰ Simon Schaffer, “Physics Laboratories and the Victoria Country House” en Crosbie Smith y Jon Agar, *Making Space for Science. Territorial themes in the shaping of knowledge*, University of Manchester, 1998, pp. 149- 180.

²¹¹ John H. Howard, “principales contribuciones científicas de John William Strutt, Tercer Barón de Rayleigh” en Rutherford Aris, *et al.* (comps). *Resortes de la creatividad científica. Ensayos sobre los fundadores de la ciencia moderna*, México, Fondo de Cultura Económica, 1995, pp. 164- 165.

Entre 1870 y 1914 América Latina tuvo un papel periférico en el desarrollo científico. No era un productor de bienes industriales y su función primordial era de exportador de materias primas hacia los países antes mencionados. Sin embargo, esta condición no impidió que las asociaciones científicas tuvieran un papel destacado en diversos países de América Latina donde se interesaron por los avances científicos y tecnológicos que ocurrían en otras latitudes. Entre 1857 y 1900 se han contabilizado 1400 asociaciones de todo tipo que incluían sociedades y asociaciones científicas para el caso mexicano.²¹²

Este movimiento asociacionista permite pensar que sus miembros formaban parte de las élites, locales, regionales y nacionales. Éstas “constituían espacios decisivos para la expansión de los valores y las prácticas de la civilidad, de la vida cívica [...] y de la civilización”,²¹³ que derivó en la formación de instituciones. Lo que significa que existió un público interesado en los avances de la ciencia en diferentes áreas y partes del mundo, sobre todo, proveniente de Europa y Estados Unidos. Este público formaba parte de una esfera pública que se acercaba a la ciencia más con un interés “divulgativo” antes que netamente científico.

Entre los muchos problemas que han aquejado a América Latina a lo largo de su historia, la ciencia, su desarrollo e institucionalización, ha ocupado un lugar de primer orden en el siglo XX. Brasil, Argentina y México, considerados los tres grandes países del subcontinente, iniciaron procesos para desarrollar y consolidar

²¹² Hilda Sabato, “Nuevos espacios de formación y actuación intelectual: prensa, asociaciones, esfera pública (1850- 1900)” en Carlos Altamirano (director), *Historia de los intelectuales en América Latina. La ciudad letrada, de la conquista al modernismo*, Madrid, Katz, 2008, p. 390.

²¹³ *Ibidem*, p. 389.

programas científicos que emularan lo que se hacía en las potencias europeas y los Estados Unidos.²¹⁴

La urgencia por desarrollar un sistema de producción que tuviera parangón con el de los países que encabezaban el desarrollo científico, tecnológico y económico no era el único problema de las naciones latinoamericanas. Mientras que en Estados Unidos esa relación se dio, casi, de forma natural entre las industrias, el mercado, los inventores y los científicos con el empresariado como nodo central de la relación, en el resto de los países americanos esto no ocurrió así.²¹⁵ Este proceso, que se convirtió en modelo a seguir por las naciones periféricas, generó que se buscaran soluciones rápidas en los países latinoamericanos. De tal suerte que se encontró en la ciencia, al menos en los discursos, el eje articulador del progreso de las naciones al inicio del siglo XX.²¹⁶

En 1890 era unánime en casi toda América Latina el supuesto de que la industria y el comercio eran los ejes principales del progreso en la región. Razón por la que se buscaron a la luz de las innovaciones, desarrollos técnicos y tecnológicos que sucedieron en algunos países de Europa occidental y Estados Unidos vincular estos ámbitos con la ciencia.²¹⁷ Ese ideal se consolidó en América

²¹⁴ Amílcar O. Herrera, *Ciencia y política en América Latina*, México, Editorial de la Universidad Juárez del Estado de Durango, 1971, pp. 62- 67.

²¹⁵ Stanley L. Engerman y Kenneth L. Sokoloff, “Dotaciones de factores, instituciones y vías de crecimiento diferentes entre las economías del nuevo mundo” en Stephen Haber (coord.) *Cómo se rezagó la América Latina, 1870- 1914*, México, Fondo de Cultura Económica, 1999, pp. 342- 344.

²¹⁶ Gregorio Weinberg, *La ciencia y la idea de progreso en América Latina, 1860- 1930*” en Juan José Saldaña (coord.), *Historia social de las ciencias en América Latina*, México, UNAM- Coordinación de Humanidades- Coordinación de la Investigación Científica/ Miguel Ángel Porrúa. Grupo editorial, 1996, pp. 354- 355.

²¹⁷ Gregorio Weinberg, *La ciencia y la idea de progreso en América latina, 1860- 1930*, México- Argentina, Fondo de Cultura Económica, 1998, pp. 69- 81.

Latina en la segunda mitad del siglo XIX.²¹⁸ México no era ajeno a ese modelo de desarrollo. En 1899 Manuel Gómez Torrija en su discurso por el centenario de la muerte de Antonio Alzate, en el seminario que llevaba el nombre del célebre ilustrado novohispano, declaraba su admiración por Estados Unidos. Colocó su atención en el desarrollo de aquel país en el plano de la educación científica, al decir que

[...] son un país excepcional que de un golpe han pasado de la época teológica a la industrial ¿En virtud de qué fuerza poderosa y vital se ha efectuado esa civilización gigantesca, única en los anales de pueblos, que de prisa, sin demora, a pasos gigantescos nace [...] para transformarse en el modo de ser de esas colonias abrumadoras de grandeza, que constituyen el sello característico de las grandes Capitales del Norte? [...] Las escuelas, los museos, las bibliotecas, los ateneos, los clubs (sic), las sociedades científicas y artísticas, etc., abundan en los Estados Unidos a granel, a profusión, a impulsos de una pasmosa prosperidad.²¹⁹

Como se desprende de la cita, Gómez Torrija señaló la importancia de la educación científica y todo lo que había a su alrededor; es decir, la ciencia no debía quedarse en el plano especulativo y teórico, sino debía irradiar a grupos interesados o no, en diversos campos del conocimiento. Esto es lo que se conoce como la relación entre comunidades del conocimiento y campos del conocimiento que da como resultado una interpretación y por ende, un conocimiento nuevo.²²⁰ Pero la institucionalización de las ciencias en México en el siglo XX es un ejemplo de la problemática que tuvieron que sortear las comunidades científicas mexicanas. En aras de consolidar instituciones que dotaran al Estado mexicano de elementos no sólo discursivos, sino técnicos y científicos, los actores de la época se enfrentaron a la precariedad. Su

²¹⁸ *Ibidem*, p. 81.

²¹⁹ Manuel Gómez Torrija, “Los establecimientos de educación científica en los Estados Unidos del Norte” en *Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate*, Tomo XIII, (1899) 1990, pp. 54- 55.

²²⁰ Tony Becher, “The Internalities of Higher Education” en *Wiley. European Journal of Education*, vol. 30, núm. 4, p. 395.

intención era que esas instituciones representaran el progreso de México ante el concierto de las naciones.

Las condiciones de México en la década de 1910 no eran idóneas para pensar en la ciencia, al menos para los grupos políticos. El ambiente político estaba determinado por la etapa armada de la Revolución Mexicana. El periodo de la ciencia académica en México tuvo que esperar hasta la etapa de 1920- 1940, la cual Vessuri ha denominado como “una incipiente fase de institucionalización de la ciencia experimental”.²²¹ México, al igual que otros países del continente, no escapó a la sentencia enunciada por Adolf Ernst en 1880: “los estudios científicos no pueden prosperar sin la protección e intervención directa de los gobiernos. La vida de la sociedad no ha llegado aún al punto de desarrollo que hace imposible el amor al culto de las ciencias *per se* [...]”²²²

A principios del siglo XX, disciplinas como matemáticas, química, física o astronomía ya contaban con objetivos claros en sus investigaciones. Esto debido en parte a la labor que habían realizado los pensadores, científicos y asociaciones de otros países y las asociaciones nacionales.²²³ No obstante, en el primer cuarto

²²¹ Hebe M. C. Vessuri, “La ciencia académica en América Latina en el siglo XX” en Juan José Saldaña (Coord.), *Historia de las ciencias en América Latina*, México, Miguel Ángel Porrúa- Coordinación de Humanidades (UNAM), 1996, p. 437.

²²² Adolf Ernst, “Qué influencias ha ejercido la Revolución de Abril, década de 1870 a 1880 en las ciencias” en *La Opinión Nacional*, núm. 3267, Caracas, 27 de abril de 1880. Cita tomada de Gregorio Weinberg, *La ciencia y la idea de progreso en América latina, 1860- 1930*, *Op. cit.*, p. 29.

²²³ Véase los casos expuestos por Leticia Mayer Celis, *Entre el infierno de una realidad y el cielo de un imaginario. Estadística y comunidad científica en el México de la primera mitad del siglo XX*, México, El Colegio de México, 1999, específicamente las páginas 19- 37; Graciela Zamudio, “La botánica y los botánicos al finalizar el siglo XIX mexicano” en Luz Fernanda Azuela y María Luisa Rodríguez Sala, *Estudios históricos sobre la construcción social de la ciencia en América Latina*, México, UNAM, 2013, pp. 125- 152; y María de la Paz Ramos “El primer proyecto educativo de ingeniería química en México en la Escuela Nacional de Ingenieros (1911)” en María de la Paz Ramos y Felipe León Olivares (coords.), *Aportes recientes a la historia de la química en México*, México, UNAM- Instituto de Química, pp. 149- 186.

del siglo XX, la profesionalización no era una actividad ajena a los saberes de otras áreas.²²⁴ Estas áreas del conocimiento estaban en pleno proceso de construcción y su institucionalización garantizaría proyectos a largo plazo, según los estándares que estaban surgiendo en esos mismos años en las universidades e institutos europeos y, sobre todo, estadounidenses.²²⁵

El caso de las ciencias físico- químicas y biológicas, entre 1910 y 1940, es ejemplo de la conformación de comunidades científicas modernas en México. Entre esos años el Estado, prácticamente, no impulsó la investigación científica, aunque si se dejó atrás el dominio que los humanistas habían tenido en la conformación de los saberes en los años previos.²²⁶ El mandarinato²²⁷ de los humanistas tuvo que compartirse con los recién llegados de las ciencias básicas.

Instituciones como la Universidad Nacional y la Escuela de Altos Estudios, que es el antecedente de la Facultad de Filosofía y Letras (1924), y de la Facultad de Ciencias (1939), fueron instauradas en 1910. En 1915 la Escuela de Artes y Oficios se transformó en la Escuela Práctica de Ingenieros Mecánicos y Electricistas. Al año siguiente se erigió la Escuela de Química Industrial y la Escuela Constitucionalista Médico- Militar.

²²⁴ El libro de Miguel García Murcia, *La emergencia de la antropología física en México. La construcción de su objeto de estudio (1864- 1909)*, México, Secretaría de Cultura/ INAH, muestra la dicotomía entre la emergencia de un área del saber y su profesionalización, argumentando que la diferencia tenía que ver con temáticas, conceptos y elementos metodológicos, p. 39. El caso de la física es estudiado por María de la Paz Ramos, “De la física de carácter ingenieril a la creación de la primera profesión de física en México”, *Revista Mexicana de Física E*, Sociedad Mexicana de Física, núm. 51, diciembre 2005, México, pp. 143- 145.

²²⁵ Véase Javier Echeverría, *La revolución tecnocientífica*, *op. cit.*, pp. 29- 36.

²²⁶ Luis González, “Los artífices del Cardenismo” en Luis González, *Historia de la Revolución Mexicana*, México, Fondo de Cultura Económica, 1981, p. 159.

²²⁷ Utilizó el concepto de mandarinato de Fritz K. Ringer, *El ocaso de los mandarines alemanes. Catedráticos, profesores y la comunidad académica alemana, 1890- 1933*, Barcelona, Ediciones Pomares, 1995, pp. 19- 28.

En 1922 se reestructuraron los estudios médicos en el Hospital General y dos años después, Ignacio Chávez (1897- 1979) impulsó la cardiología en el mismo hospital; ese mismo año tocó el turno de la Escuela de Salubridad e Higiene. En 1934, la Universidad Obrera de México tomó el lugar de la Escuela de Bacteriología de la Universidad Gabino Barreda. Esta escuela pasó años más tarde a formar parte del IPN que abrió sus puertas en 1936 con la fundación de la ESIME (Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica); finalmente en este periodo inició actividades la Escuela Superior de Ingeniería Química (ESIQ).

La institucionalización de las ciencias no era una situación fácil en la década de 1930 en México. La Revolución había comenzado a modificar los cimientos del sistema educativo porfirista y estaba en proceso de transformación. Aunque más adelante se demuestra que las comunidades no surgieron invariablemente de la política revolucionaria. En 1927 la Sociedad Científica Antonio Alzate mostró su preocupación por la escasa investigación científica que se realizaba en México después de la Revolución, por lo que en ese mismo año la Sociedad propuso la creación de un Comité Permanente para Promover las Investigaciones Científicas en México.²²⁸ Mientras estas preocupaciones eran parte del escenario académico nacional, la Universidad Nacional de México y la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) pasaron por diversos cambio de dirigentes para acercarlas a la ideología revolucionaria algo que finalmente no se logró,²²⁹ aunque la universidad alcanzó la autonomía en 1929.

²²⁸ “Discurso de apertura” en *Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate*, Tomo XV, (1930) 1990, s/ f.

²²⁹ Javier Garcíadiego, *op. cit.*, pp. 326- 344.

Para diferentes actores el eje ciencia- técnica orientado por el Estado hacía suponer que mejorarían las condiciones de vida de los mexicanos. La preocupación en torno a este problema fue que entre 1922 y 1929, apenas hubo un crecimiento económico de 1.1%.²³⁰ Esta situación llevó a que en la década 1930, con un país pacificado, ahora la lucha fuera por las almas y la conciencia de la población. En 1934 Plutarco Elías Calles declaraba que: “La revolución tiene el deber imprescindible de apoderarse de las conciencias, de desterrar los prejuicios y formar la nueva alma nacional”.²³¹ Las palabras del entonces Jefe Máximo de la Revolución Mexicana estaban dirigidas a la educación infantil,²³² aunque también tuvieron repercusión en la educación superior. El diagnóstico de la política educativa y científica se incorporó a la agenda del gobierno; lo que invita a pensar que en esta década comenzó el apoyo gubernamental en búsqueda de la consolidación de una ciencia nacional. Aunque, no fue del todo cierto.

En 1935, el presidente Lázaro Cárdenas se expresó así de la condición en que se encontraba México en torno a la ciencia: “Padece [...] de un profesionalismo exagerado [...] que opera [...] como fuerza disolvente mientras por la otra, es uno de los países más necesitados del curso creador y civilizador de la ciencia”.²³³ La

²³⁰ Foro Consultivo Científico y Tecnológico, “Orígenes de la política científica y tecnológica en México” en *Construyendo el diálogo entre los actores del sistema de ciencia, tecnología e innovación*, México, Editorial Gustavo Casasola, 2013, p. 14.

²³¹ *El Informador*, Guadalajara, 21 de julio de 1934.

²³² Pablo Yankelevich, “La batalla por el dominio de las conciencias: la experiencia de la educación socialista en Jalisco, 1934- 1940” en Susana Quintanilla y Mary Kay Vaughan (coords.), *Escuela y sociedades en el periodo cardenista*, México, Fondo de Cultura económica, 1997, 111- 140.

²³³ Archivo General de la Nación, Propuesta de Creación del CNESIC a la Cámara de Diputados del Congreso de la Unión, Fondo Lázaro Cárdenas del Río, caja 688, exp. 534, México, f. 517.

pedra angular del proyecto fue la creación del IPN en 1936, institución que se encargaría más que del aspecto científico del ámbito práctico.

El análisis del problema en la ciencia mexicana llevó a la relación entre investigación y docencia a nivel superior como elemento primigenio. El diseño del esquema en 1930 de la ciencia y la educación superior se sustentó en las estructuras preexistentes. Lo que indica que el apoyo de los gobiernos de la década de 1930 en realidad fue más bien simbólico. Las instituciones modernas de la ciencia en México anclaron su existencia y su continuidad en las sociedades científicas decimonónicas.

Bajo esta lógica es posible explicar el gran número de institutos creados en distintas áreas del conocimiento. A partir de ellos se da cuenta del trabajo que realizaron las comunidades científico-académicas con la intención de que los gobiernos le dieran importancia a la ciencia, tecnología y otras áreas del conocimiento entre 1930 y 1950 (véase cuadro 1). La búsqueda de la institucionalización de la ciencia en México partió de los intereses de las comunidades científicas, pero convergió con los intereses entre los gobiernos posrevolucionarios. La docencia a nivel superior debía contribuir a la ciencia y el progreso, dualidad que en México no ocurría de esa manera.

Cuadro1. Instituciones fundadas por el Estado entre 1930 y 1950

Sector	Subsector	Instituto, Escuela o dependencia	Año de fundación
	Universidad Autónoma de Chapingo (Antes fue la Escuela Nacional de Agricultura)		1923
	UNAM	Facultad de Ciencias.	1930 1933

		Instituto de investigaciones Geográficas Instituto de Geografía Instituto de Física Instituto de Matemáticas Instituto de Química Estudios Médicos y Biológicos Observatorio Astrofísico Nacional de Tonantzintla Medicina y Veterinaria	1938 1938 1945 1941 1941 1942 1945
	IPN	Escuela Nacional de Ciencia Biológicas Escuelas de Bacteriología, Parasitología y Fermentaciones Escuela Superior de Medicina Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Extractiva	1936 1937 1938 1947
	Institutos Tecnológicos	Biotécnico Científico de Toluca Durango Investigaciones Agrícolas	1934 1943 1947 1948
Académico	Universidades estatales	Guadalajara Yucatán Puebla Colima Sinaloa Sonora Nuevo León Veracruz	1935 1936 1937 1940 1941 1942 1943 1945

Fuente: Elaboración propia con datos de <http://www.tecnm.mx/informacion/sistema-nacional-de-educacion-superior-tecnologica>; <http://www.ipn.mx/Acerca-del-IPN/Paginas/cronologia-historica.aspx>; http://www.senado.gob.mx/library/archivo_historico/contenido/boletines/boletin_33-34.pdf ; María de la Paz Ramos Lara, “La UNAM cuna de las primeras carreras de física y matemáticas” en Jorge Bartolucci (coord.) *La saga de la ciencia mexicana. Estudios sociales de sus comunidades: siglos XVIII al XX*, México, UNAM, 2011, p. 186.

En el nuevo esquema que se estaba formando en la política científica mexicana en la década de 1930, las sociedades científicas preexistentes que gestionaron las instituciones buscaron ocupar los nuevos espacios que se estaban creando, lo cual era ideal ya que su experiencia en docencia, y en algunos casos

en investigación, los hacía aptos para ocupar los puestos. En algunos casos sustentados en su experiencia más que por sus grados académicos.

La intención de los grupos científicos fue lograr la relación entre docencia e investigación en áreas científicas que no se habían explorado. No obstante, la Universidad Nacional tenía una organización diferente. Su construcción se dividió en investigadores, especialistas en su campo, y docentes, quienes en más de una ocasión tenían dos o más empleos. Esta división profundizó las diferencias entre la comunidad académica en México.

Este binomio constituía el núcleo básico de la creación de la ciencia en otros países, el espacio de experiencia estaba puesto en el modelo británico de profesor-consultor, quienes fueron los primeros en practicarlo.²³⁴ Ese modelo aplicado años después en la práctica académica- científica alemana, estadounidense y, en menor medida francesa, desde 1870 hasta el siglo XX, fue el objetivo del desarrollo de la ciencia nacional.²³⁵ Dicho modelo de desarrollo científico- tecnológico se miró como parte del horizonte de expectativa en la experiencia mexicana, aunque su aplicación llegó años después.

Las instituciones académicas no fueron los únicos lugares que los grupos y las comunidades de científicos gestionaron. En diferentes ocasiones buscaron el apoyo de los gobiernos de Pascual Ortiz Rubio, Lázaro Cárdenas y Manuel Ávila

²³⁴ El modelo profesor- consultor fue creado desde 1870 en Gran Bretaña, pero alcanzó auge durante la Primera Guerra Mundial para fortalecer la industria del acero. Véase Michael Sanderson, "The Professor as Industrial Consultant: Oliver Arnold and the British Steel Industry, 1900- 1914" en Wiley. *The Economic History Review*, New Series, vol. 31, núm. 4, 1978, pp. 585- 600.

²³⁵ Andrés Ortiz Morales, *De la ciencia aplicada a la investigación científico tecnológica*. ESIME (1935- 1961), México, IPN, 2016, p. 52.

Camacho para fundar otras dependencias (véase cuadro 2). Sin embargo, en un país con un régimen autoritario, la última palabra la tenía el presidente. Por lo que en aras de que la ciencia radicara en México de forma definitiva, y que el eje rector de la educación, técnica y ciencia lo tuviera el Estado se fundaron diversas dependencias gubernamentales que propiciaron la investigación de los recursos naturales y demográficos con los que contaba el país. En 1935 el mismo Cárdenas manifestó su intención de que la educación superior fuera regulada por el Estado.²³⁶

Cuadro 2. Dependencias gubernamentales dedicadas a la investigación científica creadas entre 1930 y 1950.

Sector	Subsector	Áreas	Año de fundación
Gobierno	Dependencias gubernamentales	Investigaciones Forestales	1932
		Departamento Autónomo Forestal de Caza y Pesca	1934
		Dirección de Geografía y Meteorología	1935
		Departamento de Geografía, Meteorología e Hidrología	1935
		Servicio Geológico Mexicano	1944
		Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas	1946

Fuente: Elaboración propia con datos de *Servicio Meteorológico Nacional. 135 años de historia*. México, CONAGUA, 2010, pp. 43- 48.

Diversas áreas se vieron favorecidas de los recursos económicos con que las dotó el Estado mexicano. No obstante, en un país con una organización corporativa era casi natural que las instituciones se constituyeran de esa manera, así que las características del régimen se instauraron en las comunidades científicas

²³⁶ Edith Castañeda, “Ciencia y tecnología en México (1935- 1942). Del CNESIC a la CICIC: impulso a la investigación científica” en *op. cit.*, p. 28.

y académicas mexicanas. Luego entonces, el corporativismo se afianzó en las instituciones mexicanas que no eran ajenas a dicho modelo por la constitución de las asociaciones de las que emanaban. Por lo cual, los grupos y comunidades científicas no siempre estuvieron de acuerdo con el enfoque de las políticas científicas que tuvieron los institutos y hubo conflictos entre los grupos que los conformaban.

Los personajes pueden agruparse según su transición del siglo XIX al siglo XX junto con los acontecimientos sociopolíticos que tuvieron en común en sus vidas. La aseveración de Roderic Camp explica estas comunidades a partir del contacto entre las élites en función de la carrera, la educación y la familia.²³⁷ Las comunidades conformadas dentro del marco institucional mexicano entre los años señalados tenían intereses particulares por su visión de la ciencia desde sus horizontes de experiencia. La visión de la organización de las instituciones impulsada por los ingenieros fue auspiciada por la organización que interesaba al Estado posrevolucionario. De ésta se desprende que “los enfoques institucionalistas debieran ser más cautos, debido a las características del régimen político que inciden en el funcionamiento de las instituciones”.²³⁸

Los años que van de 1930 a 1945 corresponden con las presiones que realizó el Estado mexicano por desmovilizar a los grupos con intereses particulares. Aquellos que no estuvieran en consonancia con los intereses que tenía un gobierno

²³⁷ Roderic Camp, *Las élites del poder en México*, México, Siglo XXI Editores, 2006, p.15.

²³⁸ Verónica de la Torre Oropeza, “Las élites del poder en México. Una exploración crítica de la literatura entre las décadas de 1970 y 1990” en *Teoría y debate*, UNAM, 2015, pp. 1-13.

de índole autoritario fueron excluidos.²³⁹ Esto comenzó a ser un rasgo característico dentro de la academia mexicana y que marcó la institucionalización. Los casos de la UNAM y el IPN son ejemplo de esta situación. El Estado en ocasiones incitó las diferencias entre las dos instituciones; sobre todo, entre sus miembros evitando la organización de los estudiantes de ambas casas de estudio y otras instituciones.

Desde 1932, cuatro años antes de que se fundara el IPN, la Secretaría de Educación Pública (SEP) recalcó las diferencias entre los estudiantes, docentes e investigadores de la UNAM y los de las escuelas técnicas. Argumentó que la educación técnica “se ciñe a las disciplinas científicas o artes que se ejercen para la realización de obras materiales cuyo fin es satisfacer necesidades de los hombres del modo más económico y completo”.²⁴⁰ La discrepancia entre las dos era “que la enseñanza técnica era especializada, mientras que la Universidad producía hombres de pensamiento general, las escuelas técnicas, hombres de capacidad concreta y definida”.²⁴¹ Este esquema de las autoridades educativas dejó claro que en el nuevo orden gubernamental, la educación técnica tenía mayor importancia que las humanidades, las ciencias sociales y el conocimiento teórico. Los cuales eran tradicionalmente impartido en la UNAM.

Este escenario resultó ideal para que los estudiantes de la UNAM y las escuelas técnicas, posteriormente absorbidas por el IPN, encontraran diferencias

²³⁹ María Elena Flores Orendain, “Régimen político y políticas públicas en México: entre el autoritarismo y la democracia imperfecta” en María Elena Flores Orendain, *Políticas públicas en México. Régimen político, finanzas y políticas sectoriales*, México, UAM- I, 2012, p. 21.

²⁴⁰ Narciso Bassols, *Memoria relativa al estado que guarda el ramo de educación pública el 31 de agosto de 1932*, exposición, México, Talleres Gráficos de la Nación, 1932. Tomo 1, p. 353.

²⁴¹ Max Calvillo Velasco, “¿Técnicos contra universitarios?” en *Estudios de historia moderna y contemporánea de México*, Instituto de Investigaciones Históricas- UNAM, número 39, enero- junio, 2010, p. 96.

entre ellos. Todas ellas eran de índole académico, formativo y práctico. Este marco fue generado por el Estado a través del lenguaje utilizado para referirse a los orígenes de los estudiantes de las dos instituciones.²⁴² En el lenguaje cardenista, mientras los estudiantes de la UNAM eran hijos de burgueses, los del IPN eran los de los hijos de los obreros y campesinos, parte del pueblo.

Otro de los ámbitos que se buscó cubrir por parte del gobierno fue el de la salud. Durante la primera mitad del siglo XX este tema mostró relación con los problemas sociales que aquejaban a la población mexicana. Esa fue razón suficiente para que los grupos pertenecientes a la comunidad del área de biología se enfocaran en ese ámbito. Problemática que el gobierno mexicano también estaba interesado en solucionar. Lo que demuestra una vez más la convergencia de intereses entre el Estado y las comunidades científicas. La ideología revolucionaria intentó, de esta manera, plasmar los postulados constitucionales sobre la protección social (véase cuadro 3).

Cuadro 3. Instituciones fundadas por el gobierno mexicano en el sector salud entre 1930 y 1950.

Sector	Dependencia	Instituciones	Año de fundación
Salud	Secretaría de Salubridad y Asistencia	Hospital General de México	1939
		Salubridad y Enfermedades tropicales	1939
		Hospital Infantil de México	1943
		Instituto de Neuropsiquiatría	1943
		Instituto de Cardiología	1944
		Instituto de Cancerología	1946

²⁴² *Ibidem.*, pp. 96- 97.

	IMSS	Instituto Mexicano del Seguro Social.	1943
--	------	---------------------------------------	------

Fuente: Elaboración propia con datos de Octavio Gómez Dantés, "Sistema de salud de México" en *Centro de Investigación en Sistemas de Salud*, Instituto Nacional de Salud Pública, México (suplemento), Vol. 2, 2011, p. 224. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/spm/v53s2/17.pdf>

Estos cuadros dan una idea del proceso de institucionalización que sufrieron las ciencias en México. En el siglo XIX, Leopoldo Rio de la Loza (1807- 1872) fue uno de los grandes "héroes" de la ciencia nacional. Este científico consagró su vida académica para lograr la constitución de la química y la biología como ciencias en México. En tanto, en el siglo XX aparecieron personajes interesados en la consolidación de las ciencias en México en el área de las ciencias básicas.

En la medida que los equipos tecnológicos necesarios para realizar investigaciones fueron cada vez más costosos, el Estado se convirtió en un actor central. Su papel resultó importante ya era el único de los actores que podía proveer económicamente a los investigadores. A esta condición hay que sumar el salario de los docentes e investigadores y los recursos humanos que se estaban formando en las instituciones superiores del país y del extranjero. Cada uno de estos elementos eran parte de un gasto presupuestal que nunca se había erogado en la historia del país. La inversión en estos elementos básicos para sus investigaciones siempre fue con el objetivo de que dicho gasto redundara en el beneficio del país.

Hasta este momento se observa que diversas áreas del conocimiento se vieron beneficiadas de la institucionalización que estaba acaeciendo en México entre 1920 y 1940. Por lo que se puede concluir que las matemáticas y la física no fueron la únicas que formalizaron sus planes de estudios en los institutos superiores.

Por el contrario, la institucionalización científica era un problema integral que involucró a diferentes personajes de distintas áreas. En el caso de las matemáticas y la física fueron numerosos los intentos que realizaron los ingenieros mexicanos, siempre bajo los intereses del Estado para lograr su institucionalización. Esa correlación de intereses, científicos-Estado, tuvo como corolario la creación del Consejo Nacional de Educación Superior y la Investigación Científica (CNESIC) en 1935, la cual cambió de nombre a Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica (CICIC) en 1942, pero que continuaba con las mismas funciones.

2. 2 Las comunidades en la conformación del área físico- matemática

Diferentes actores se vieron inmersos en el desarrollo de la ciencia en México. Al realizar un primer acercamiento parece que los personajes fueron actores aislados y cada uno efectuó su labor sin relación entre ellos. La producción historiográfica de la historia de la ciencia en México ha dejado de lado la imagen del científico aislado. Razón por la cual, la institucionalización de la ciencia invita a explorar la conformación de las comunidades científicas.

Esta disposición hacia la indagación en los problemas físicos y la búsqueda de axiomas matemáticos, la podemos encontrar entre los ingenieros mexicanos. Todos ellos tenían vocación por la física, astronomía y matemáticas en la transición del siglo XIX al inicio del XX.

Cuadro 4. Personajes que trabajaron en la institucionalización de la física separados en conjuntos según su año de nacimiento.

Conjunto 1	Conjunto 2	Conjunto 3	Conjunto 4.
------------	------------	------------	-------------

Nombre	Periodo de vida	Nombre	Periodo de vida	Nombre	Periodo de vida	Nombre	Periodo de vida
Valentín Gama	1868-1942	Sotero Prieto	1884-1935	Alfonso Nápoles Gándara	1897-1997	Fernando Alba Andrade	1919-¿?
Basilio Romo	1872-1942	Joaquín Gallo	1882-1942	Manuel Sandoval Vallarta	1899-1977	Marcos Mazari	1919-2013
Juan Mansilla Río		Alfonso Castello y Sosa ²⁴³	1881- ?	Alfonso Cornejo	1890-?	Thomas Brody	1922-1998
Carlos Gutiérrez				Emilio Loenarz Poszotl	1898-?		
Manuel Gómez Torrija				Joaquín Ancona Albertos	1893-1971		
Carlos Reiche	Concluyó estudios en 1897 en la ENP			Alfredo Baños jr.	1905-1994		
				Luis Rivera Terrazas	1912-1989		

Fuente: elaboración propia.

La Sociedad Científica Antonio Alzate representaba la comunidad científica mexicana mejor organizada antes de que la institucionalización de las comunidades y los saberes fueran la norma en el México del siglo XX. Fundada en 1884 por un grupo de estudiantes, después modificó su nombre en 1933 durante el gobierno de Ortiz Rubio al de Academia Nacional de Ciencias Antonio Alzate. A pesar del cambio de nombre, la importancia que tenía en las ciencias en México fue tal, que es posible encontrar en las memorias artículos de toda índole. Los temas iban desde la arquitectura hasta la fisiología, pasando por la historia y la literatura. Esto demuestra

²⁴³ El caso de estos ingenieros como precursores de la física en México es estudiando en María de la Paz Ramos Lara, “Los ingenieros promotores de la física académica en México (1910- 1935), en *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, Consejo Mexicano de Investigación Educativa, vol. 12, núm. 35, octubre- diciembre, 2012, pp. 1241- 1265.

que fungió como el gran foro donde los conocedores de los temas podían escribir de forma organizada.

Un punto importante son las áreas de las ciencias puras y básicas. En las memorias Alzate es posible encontrar entre 1887 y 1933: 36 artículos de astronomía, 35 de física, 2 de estadística, 37 de matemáticas y 56 de química.²⁴⁴ Estos datos señalan que las ciencias eran un terreno que se exploraba de forma constante en el escenario mexicano desde la segunda mitad del siglo XIX. Los textos publicados en las memorias de la Sociedad Alzate tenían temas diversos como el sistema copernicano, aparatos de física, teorías de los anteojos de Galileo, entre otros.

Un artículo que vale la pena resaltar es *Estudio del actual sistema de pararrayos de la mestranza a la luz de las ideas modernas*, escrito por Daniel Palacios, quien era profesor e Ingeniero de la Escuela Nacional de Ingeniería (ENI) en 1896. Este texto discute los modelos de la corriente continua y corriente alterna, en él menciona a los grandes representantes de ese tema: Thomas Edison y Nikola Tesla, justo en el momento en que éste era un tema de moda en la ingeniería eléctrica y en la física en Europa y Estados Unidos.²⁴⁵ Este texto indica que las grandes teorías y experimentos, interesaron a los ingenieros y docentes mexicanos; sin embargo, las múltiples dificultades como la poca ayuda gubernamental, el nulo

²⁴⁴ Memorias de la Sociedad Científica “Antonio Alzate”. Tomo I y Tomo II, México, Imprenta del Ex Arzobispado, 1888. *Crf.* Juan Carlos Gallardo Pérez, *et al.*, “Publicaciones sobre temas de física en las Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate” en *Ciencia Ergo Sum*, México, UAEMex, vol. 12, núm.1, 2005, pp. 99- 100.

²⁴⁵ Memorias de la Sociedad Científica “Antonio Alzate”. Tomo I y Tomo II, México, Imprenta del Ex Arzobispado, 1888.

apoyo a la investigación y los magros ingresos docentes. Los científicos pertenecientes a esta generación deben integrarse una serie de actores precedentes que muestran que hubo continuidad en la comunidad científica mexicana (véase cuadro 5).

Cuadro 5. Autores y miembros de la Sociedad Alzate en 1887- 1930 en el área de física y matemáticas

Autor	Institución
Daniel Palacios	Escuela Nacional de Ingeniería
Joaquín de Mendizábal	Colegio Militar
Felipe Ángeles	Colegio Militar
M. Marroquín y Rivera	Ingeniero civil
Roberto Jofre	Doctor (profesión)
Jesús Gasca	
Hilario Guerrero	
Gustavo Heredia	Col. Del Sagrado Corazón de Jesús, Puebla
Luis G. León	
Pedro C. Sánchez	Ingeniero de minas (profesión)
Ángel Peimbert	Ingeniero civil (profesión)
Rafael Mallen	
Ambrosio Romo	
Manuel de Anda	Ingeniero (profesión)
Elpidio López	

Fuente: elaboración propia con datos de la Memoria de la Sociedad Alzate tomos I y II.

La Sociedad Alzate y los múltiples artículos que aparecen en las memorias demuestran que a pesar de los avatares políticos que hubo en el país, las comunidades científicas se mantuvieron. Aunque no sin cambios, las comunidades científicas en México han existido desde la época colonial.²⁴⁶ Durante la primera mitad del siglo XIX, y a pesar de las dificultades por las que atravesaba el país, éstas no desaparecieron,²⁴⁷ sino que estuvieron presentes en diferentes eventos de la vida nacional.²⁴⁸ En la segunda mitad del siglo XIX las comunidades

²⁴⁶ Elías Trabulse, *Los orígenes de la ciencia moderna en México (1630- 1680)...op. cit.*, pp. 64- 90.

²⁴⁷ Un ejemplo es la formación de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística y la tradición racionalista que los gobiernos mexicanos trataban de impulsar en la primera mitad del siglo XIX. Véase, Leticia Mayer Celis, *op. cit.*, pp. 23- 37.

²⁴⁸ Véase. José Alfredo Uribe Salas, “Ciencia e independencia. Las aportaciones de Andrés del Río a la construcción de la nueva nación” en Rosaura Ruíz, Arturo Argueta y Graciela Zamudio (coords.) *Otras armas*

perduraron.²⁴⁹ A pesar de esta tradición en la ciencia mexicana, las características de las comunidades cambiaron en la primera mitad del siglo XX. Por lo que en la historia de la ciencia mexicana se puede encontrar

[...] transmisión de una comunidad a otra posterior, de los datos acumulados, de las experiencias logradas y de las teorías que las explican y que la comunidad receptora está en posibilidad de aceptar reformar o rechazar. No encontramos [...] una decadencia del interés por la investigación científica, lo único que percibimos es un cambio de objetivos, representados por el tipo de campos que se exploran.²⁵⁰

De esta cita se desprende que, si bien las comunidades científicas en México tenían una larga tradición, también supieron sortear problemas políticos en el siglo XIX. Así que la Sociedad Alzate sirve como ejemplo de que los acontecimientos políticos y militares surgidos de la Revolución Mexicana no determinaron toda la vida académica y científica en el México moderno.

El primer libro de texto publicado sobre física es el Ladislao de la Pascua quien publicó *Introducción al estudio de la física*, entre 1853 y 1857. Lazarín Miranda afirma que este libro estaba dirigido a un público de educación de nivel secundaria.²⁵¹ La cualidad de este libro radica en que es el primer libro de física del que se tiene registro en México. Sin embargo, hay otro texto que resulta más importante para esta investigación: es el caso de Eduardo Prado quien fue profesor en el Colegio Militar y la ENP. Prado publicó en 1898, quizás, el primer libro de

para independencia y la revolución. Ciencias y humanidades en México, México, Fondo de Cultura Económica/ UNAM/ Universidad de Sinaloa/ Universidad Michoacana de san Nicolás de Hidalgo, 2010, pp. 43- 58.

²⁴⁹ Véase Alberto Soberanis, “Las relaciones científicas franco- mexicanas durante el Segundo Imperio (1864-1867), en *Ibid.* pp. 125- 138.

²⁵⁰ Elías Trabulse, “En busca de la ciencia mexicana” en Juan José Saldaña (coord.) *Introducción a la teoría de las ciencias*, México, UNAM, 1989, p. 325.

²⁵¹ Federico Lazarín Miranda, “La explicación de lo invisible. Libros escolares de física para la educación media en México, 1853-1975” en Luz Elena Galván Lafarga Lucía Martínez Moctezuma (coordinadoras), *Las disciplinas escolares y sus libros*, México, CIESAS/ UAEM/ Juan Pablos Editor, 2010, p. 277.

divulgación a nivel superior de la física en México: *Mecánica Analítica*.²⁵² Este libro se diferencia del primero al ser un libro especializado que iba dirigido a un público profesional en las ingenierías.

Junto a Prado aparece un grupo distinto al anterior: los ingenieros Gilberto Crespo y Martínez, Agustín Chávez, Andrés Aldasoro, Jerónimo López de Llergo, Camilo González, Manuel M. Contreras, Leandro Fernández, Manuel Ramírez, Agustín Aragón, Adolfo Díaz, Carlos Sellerier, Alberto Best y los licenciados Carlos Tamborrel y José Joaquín Terrazas.²⁵³ Estos actores son poco reconocidos en la enseñanza de las ciencias en el tránsito entre el siglo XIX y el XX. Debido a que se encuentran referencias de ellos antes y después de la consolidación de la revolución. Tal vez un estudio específico sobre la física en el siglo XIX permita conocer mayores detalles sobre cada uno de ellos. Lo que sí se sabe es que la mayoría de ellos optaron por la neutralidad y se adaptaron al nuevo orden político.²⁵⁴

Estas comunidades de docentes y científicos lucharon por obtener espacios académicos para los físicos-matemáticos y químicos que, como vimos en los cuadros presentados, se logró a través de la gestión de políticas públicas en condiciones difíciles para cada área de los saberes en México. Razón por la cual la instauración de institutos para llevar a cabo la práctica científica siempre fue dentro de las pautas marcadas por el Estado. Para el caso de los astrónomos las condiciones eran distintas: el Observatorio Astronómico Nacional (OAN), a pesar de

²⁵² Mario E. Pacheco Quintanilla, “Mecánica Analítica. Eduardo Prado”, en *Boletín. Sociedad Mexicana de Física*, octubre 2005, s/p.

²⁵³ *Ibid.*

²⁵⁴ *Ibid.*

los avatares, representaba una institución consolidada en el escenario de las ciencias mexicanas.²⁵⁵ Los físico- matemáticos, quienes en su mayoría eran ingenieros de formación, tuvieron que sortear problemas para abrir espacios en un primer momento de docencia universitaria.

Prieto, Gama y Gómez Torrija fueron profesores de la ENP mientras que Romo, Gallo y Nápoles Gándara lo fueron en la Escuela de Altos Estudios (EAE). Este último también fue profesor de la Escuela Nacional de Ingenieros hacia 1930. Este grupo fungió como parte de la transición entre los que formaban parte de las sociedades científicas del siglo XIX y la consolidación de la física en el siglo XX. En líneas subsecuentes se mostrará como estos actores estuvieron involucrados en la constitución de distintas áreas de la ciencia en México.

Estos profesores impulsaron la departamentalización de las matemáticas y la física en México como campos de estudios diferenciados de las ingenierías entre 1920 y 1940. Durante ese periodo los investigadores conformaron un grupo de trabajo que tuvo la misión de formar profesores de ciencias físico- matemáticas.²⁵⁶

Los personajes citados fueron parte de diferentes grupos pioneros en la comunidad científica mexicana moderna en el marco de la institucionalización de las ciencias en México. Sus esfuerzos por deslindar las matemáticas y la física de la ingeniería resultaron satisfactorios, algo que reconoció Nabor Carrillo cuando se inauguró la Facultad de Ciencias en 1936: “Ya pasaron atrás los días en que el Ingeniero era al mismo tiempo matemático, físico, químico, geólogo, etc.; el

²⁵⁵ Jorge Bartolucci, *La modernización de la ciencia...op. cit.*, p. 73.

²⁵⁶ María de la Paz Ramos Lara, “La UNAM...” *op. cit.* pp. 180- 181.

progreso de la ciencia y de las técnicas obligan a la división del trabajo...”.²⁵⁷ Esta sentencia demostraba que la ingeniería, la física y la matemática, aunque estaban vinculadas por las áreas de trabajo, tenían objetivos distintos.

El orden que guardan las comunidades indica que están compuestas por generaciones separadas entre ellas por temporalidades muy amplias.²⁵⁸ Esto permite aseverar que los diferentes actores no compartían intereses en teorías o perspectivas de los campos del conocimiento.²⁵⁹ La teoría de las generaciones de Ortega y Gasset explica el distanciamiento de los años entre generaciones como el eje fundamental de los cambios que acaecen en los campos del conocimiento.²⁶⁰

Este grupo de precursores mexicanos se puede denominar la primera generación de físico- matemáticos que tuvo el país antes de la era profesional en estas disciplinas. Con base en la premisa del filósofo español, al menos en el caso de los que conocemos su fecha de nacimiento, se puede asegurar que estos personajes tuvieron en común una diferencia de quince años entre ellos,²⁶¹ exceptuando el caso de Gama y Romo, de lo que se desprende de que casi todos ellos en la parte inicial de su actividad científica rondaban entre los 25 y 40 años.

Es viable afirmar que estos hombres fueron parte de una generación que formó a la siguiente generación. Entre ellos aparecen personajes que fueron el enlace entre dos generaciones; la primera, ellos la conformaron y la subsecuente

²⁵⁷ Nabor Carrillo, CESU, Serie Archivo General, exp. 45349, citado en María de la Paz Ramos, “Los ingenieros promotores de la física académica en México (1910- 1935), *op. cit.*, p. 1260.

²⁵⁸ Tony Becher, *Academic Tribes and Territories...op. cit.*, p. 24.

²⁵⁹ *Ibidem.*, p. 45; Thomas Kuhn, *op. cit.*, pp. 61.

²⁶⁰ José Ortega y Gasset, “Idea de la generación” *Ortega Y Gasset*, Madrid, Editorial Gredos, 2014. P. 63.

²⁶¹ *Ibid.*

fue la que consolidó la física, la matemática y otras áreas en el espectro de las ciencias en México. Andrea Torres, desde la teoría orteguiana, afirma que los lazos que vinculan a la primera generación entre sus miembros “es la principal convicción de los científicos [que] fue su interés por la ciencia y el conocimiento de las disciplinas exactas; es decir de la física y las matemáticas”.²⁶²

Para comprender esta temática de mejor forma es necesario remitirse a la teoría de las generaciones que elaboró Karl Mannheim. En su texto clásico *El problema de las generaciones*, el sociólogo alemán presentó variantes que dotan de características a esta generación. Mannheim, quien se opuso a la teoría de Ortega y Gasset por considerarla sumamente biologicista, afirma que más que la datación es importante la contemporaneidad. A partir de las influencias y directrices de la cultura intelectual que moldea a los actores es posible comprender la situación político y social en la que estaban envueltos. Estos principios permiten delimitar a las generaciones en diferentes épocas.²⁶³

De la aportación de Mannheim se desprenden tres importantes componentes para aseverar que una serie de personajes tuvieron una conexión generacional: la datación de Ortega y Gasset (aunque no es determinante), la situación político social y el proceso de formación de alianzas y grupos.²⁶⁴ Los primeros interesados en la física y la matemática como disciplinas diferenciadas de las ingenierías muestran esos factores comunes; componentes desde los cuales sería posible

²⁶² Andrea Torres Alejo, *Estudio de tres generaciones de científicos y su participación en la institucionalización de la física y las matemáticas en México*, Tesis para obtener el grado de Maestría, México, UAM-I, 12 de diciembre de 2012, p. 34.

²⁶³ Karl Mannheim, “El problema de las generaciones” en *REIS*, núm. 63, pp. 199.

²⁶⁴ *Ibid.*, p. 206.

observarlos como un espacio macroestructural en el que es posible reconstruir trayectorias grupales, dando peso a factores exógenos.²⁶⁵

Los años en los que nacieron estos personajes fueron entre 1868 y 1899, es decir, existen 31 años de diferencia entre ellos. Lo que significa que pertenecen a una misma datación, según la primera de las premisas expuestas por Mannheim; incluso la teoría de Ortega y Gasset justifica que sean 30 años los que hagan que un personaje pertenezca a una generación.²⁶⁶

Los personajes comparten un suceso que los establece como parte de una generación: la fundación de la Universidad Nacional en 1910, en el marco de los festejos del centenario de la independencia,²⁶⁷ la cual tenía como misión que “se enseñase a investigar y a pensar, investigando y pensando, y que la sustancia de la investigación y el pensamiento, no se cristalizase en ideas dentro de las almas [...] no quisiéramos ver en ellas torres de marfil y vida contemplativa”.²⁶⁸ Juan Mansilla Río y Valentín Gama sobre salen por ser de los ingenieros invitados a las festividades por la apertura de la Universidad.²⁶⁹ Tales como los festejos del

²⁶⁵ Alejandro Estrella González, “La filosofía mexicana durante el régimen liberal: redes intelectuales y equilibrios políticos” en *Signos Filosóficos*, UAM-I, núm. 23, vol. XII, enero- junio 2010, pp. 142- 143.

²⁶⁶ Ortega y Gasset argumentó que “de treinta a cuarenta y cinco corre la etapa en que normalmente un hombre encuentra todas sus nuevas ideas; por lo menos, las matrices de sus original ideología. Después de los cuarenta y cinco viene sólo el desarrollo pleno de las inspiraciones habidas entre los treinta y los cuarenta” José Ortega y Gasset, *Op. cit.*, p. 73.

²⁶⁷ Sobre el tema de los festejos del centenario se han escrito una gran cantidad de artículos, sin embargo, uno de los más interesantes es el elaborado por María Teresa Jarquín Ortega, “Las festividades del centenario de la independencia en la Ciudad de México y Toluca: 1810- 1910” en María Teresa Jarquín Ortega/ Manuel Miño Grijalva, *Toluca. Los ejes históricos de una ciudad mexicana*, México, El Colegio Mexiquense A. C., 2018. En este artículo la autora resalta que la apertura de la Universidad dentro de los festejos era para conmemorar decisiones políticas del presente porfirista que buscaba relacionar con el futuro, ya que el pasado por sí mismo no exigía una celebración.

²⁶⁸ Luis González y González, “El liberalismo triunfante” en *Historia General de México. Versión 2000*, México, El Colegio de México, 2000, p. 695.

²⁶⁹ Clementina Díaz y Ovando, “Rumbo a la fundación” en *Revista de la Universidad. Nueva época*, México, UNAM, septiembre 2010, p. 9.

centenario de la Independencia y la apertura de la zona arqueológica de Teotihuacan. Por lo tanto, es viable afirmar que diferentes eventos dentro de un proceso los confirman como parte de una generación. Como afirma Alvarado Rodríguez:

El conocimiento se negocia dentro de la comunidad científica mediante un juego de argumentación teórico, a través del experimento y de la opinión personal. Es decir, la ciencia no es impelida exclusivamente por su propia lógica interna. Más bien está formada por las creencias personales y actitudes políticas de sus practicantes, y refleja, en parte la historia, la estructura del poder y el clima político de la comunidad que la apoya.²⁷⁰

La segunda característica de la correspondencia a una generación se da en el ámbito del contexto socioeconómico de ahí que otros factores a tomar en consideración sean:

[...] los vínculos interpersonales [qué] constituyen la esencia del aprendizaje social sobre reglas de conducta en cuanto a limitaciones y posibilidades, el comportamiento de reciprocidad con la autoridad, aprendido en las familias, grupos étnicos o cofradías identitarias representa, de manera simple y siempre referencial, la trama de un conjunto amplio de vínculos directos e indirectos.²⁷¹

Todos los personajes tuvieron como experiencia de vida la transformación que sufrió México durante la Revolución. Vivieron el establecimiento del nuevo marco político: el triángulo sonoreño y el Cardenismo hasta la consolidación del Estado mexicano con el avilacamachismo, tanto en sentido político, social y económico. De ahí que es posible afirmar que los individuos están agregados a una generación por su posición en los ámbitos sociales.²⁷²

²⁷⁰ María Eugenia Alvarado Rodríguez, *op. cit.*, p. 53.

²⁷¹ Antonio Ibarra *et al.*, "Introducción" en Guillermina del Valle Pavón y Antonio Ibarra (coords.), *Redes, corporaciones comerciales y mercados hispanoamericanos en la economía global, siglos XVII- XIX*, México, Instituto Mora/ Conacyt, 2017, p. 19.

²⁷² Karl Mannheim, *Op. cit.*, p. 207.

En cada caso sus estudios los dotaron de afinidad en su posición dominante en el espectro de los saberes que necesitaba el Estado en la búsqueda de la transformación económica mexicana. Hay que recordar que “el estado mexicano experimentó un proceso de aprendizaje en aquellas áreas en donde poseía pocos o nulos conocimientos que le imposibilitaban ejercer la gobernabilidad, lo que significaba aplicar políticas públicas exitosas”²⁷³

La formación que tuvieron estos personajes, como ya se mencionó, fue en diversas ingenierías, como ingeniería de minas o eléctrica. Sin embargo, lo importante radica en el valor que le dieron a la departamentalización de las áreas. Juan Salvador Agraz, fundador de la Escuela Nacional de Ingenierías Químicas en su búsqueda de profesionalizar la enseñanza de la Química, expuso los beneficios que tendría el campo mexicano con el desarrollo de esta ciencia. Misma opinión que compartió Estanislao Ramírez Ruíz, quien estudió en la *Saint Chamond* de París. Ramírez Ruíz, negoció durante la gestión de José Vasconcelos como secretario de Educación (1921- 1924), enviar 22 estudiantes becados a Europa los cuales posteriormente ingresarían a la industria en México.²⁷⁴

Bajo su óptica la química, la física y las matemáticas no eran inversamente proporcionales al objeto de estudio de las ingenierías, a pesar de que éstas recurrieran a aquellas de forma constante. Las trayectorias académicas identifican

²⁷³ Juan José Saldaña y Edgar Castañeda Crisolis “Estado mexicano: ciencia y gobernabilidad. El caso del petróleo”, disponible en <http://www.historiacienciaytecnologia.org.mx/Publicaciones/EdgarCastañedaXICOMHCT.pdf>. Consultado el 1 de octubre de 2019. Para un estudio más amplio véase Reyes Edgar Castañeda Crisolis, *Los desafíos técnicos y tecnológicos de la expropiación petrolera en México: el papel del Estado y la comunidad científica y tecnológica*, Tesis para obtener el grado de Doctor en Historia, México, UNAM, 2011, pp. 59- 82.

²⁷⁴ Jesús Ávila Galinzoga, *Memoria de 55 años de actividades de la ESIQUE*, México, IPN, 2005, pp. 19- 20.

la relevancia que tuvieron en la discusión sobre los temas de la época que les corresponde.²⁷⁵ La fundación de la Universidad, la autonomía concedida por el Estado, la fundación del IPN, de los Institutos Tecnológicos²⁷⁶ y de la Facultad de Ciencias los determinan como parte de un conjunto con características propias. Ellos fueron ingenieros y maestros de una nueva generación de físicos y matemáticos profesionales, además de nuevos ingenieros y químicos, que se entrecruza con una generación de políticos mexicanos que buscaban la institucionalización en diferentes áreas.

El conjunto de políticos y científicos se enlazan en función de que el Estado posrevolucionario tuvo intereses en otras aristas, la principal de ellas la industrialización del país. Medida que fue reforzada por la SGM y sustitución de importaciones. Estos factores dan cuenta de la utilidad de la ciencia y la tecnología como parte del progreso. En su horizonte de expectativa “la investigación industrial aplicada fue posible por el surgimiento del científico ‘profesional’, quien había recibido un entrenamiento especializado y prolongado, y al que por vez primera se le reconocía una importante función social”.²⁷⁷ Dicha función se encuentra en los científicos mexicanos de la siguiente generación que se muestra en las líneas subsecuentes.

En este escenario la segunda generación de científicos mexicanos, que se estaban formando en México, en sus primeras etapas y especializándose en

²⁷⁵ Tony Becher, *Academic Tribes and Territories...op. cit.*, p. 20.

²⁷⁶ Los Institutos Tecnológicos fundados en 1948 son el antecedente del actual Tecnológico Nacional. En 2014, la administración del entonces presidente Peña Nieto fusionó todos ellos en una sola institución.

²⁷⁷ Stewart Richards, *Filosofía y sociología de la ciencia, op. cit.*, p. 139.

universidades estadounidenses, hicieron contribuciones importantes a la ciencia y a la mecánica cuántica desde el entramado teórico. El nuevo paradigma obligó a que los científicos quisieran estar a la vanguardia en la ciencia física. La cual se había convertido en el modelo de ciencia moderna, deberían asumir “que nuestro siglo es el siglo de la investigación atómica en la física; y una revisión de las ideas de la física moderna tiene que ocuparse de la investigación atómica”.²⁷⁸ Esta sentencia de Pascual Jordan quien participó en la etapa final de la física cuántica y nuclear daba a entender que la investigación física era parte del nuevo paradigma científico.

No obstante, para llevar a cabo investigación en ciencias básicas era necesario tener recursos materiales modernos. Elementos con los cuales las instituciones mexicanas no contaban en la década de 1940. Por lo que los científicos mexicanos se conformaron con hacer investigación de tipo teórico. Hasta 1951, las instalaciones donde se podía hacer investigación de tipo observacional eran el OAN y el OAT inaugurado en 1942. Hubo que esperar hasta 1952 cuando Nabor Carrillo, Alberto Barajas y Carlos Graef gestionaron ante el gobierno la adquisición de un acelerador de partículas Van de Graaf.

En la década de 1940 la era de las instituciones en México estaba en plena vorágine, las instituciones de orden científico eran una parte de la consolidación de los gobiernos revolucionarios. Dicha política se entendía desde la perspectiva de un país moderno que tenía como horizonte la industrialización, donde la industria

²⁷⁸ Pascual Jordan, *La física clásica*, México, Fondo de Cultura Económica, colección Breviarios 22, 1969, p. 15.

implementada por Estado tendría el rol protagónico.²⁷⁹ Desde 1934 Luis Enrique Erro avizoró las contradicciones que esta situación tenía en “un país como el nuestro en que no producimos máquinas, la habilidad superior de la ingeniería [...] está restringido a la instalación y vigilancia de las máquinas que importamos”.²⁸⁰

Por lo tanto, la pregunta realizada al principio del capítulo aún permanece: ¿Qué función tuvieron las comunidades científicas en México en la construcción de la ciencia en México y la mecánica cuántica en particular? Desde el ámbito latinoamericano “la conformación del espacio de las actividades intelectuales no podía sino registrar la estructuración de las relaciones de poder en la sociedad”,²⁸¹ lo que explica el orden jerárquico que guardan las instituciones universitarias en México. Esto se configuró en la siguiente generación de científicos profesionales.

2.3 La conformación de comunidades en México: los primeros acercamientos a la mecánica cuántica

El desarrollo de la cultura científica europea durante la segunda mitad del siglo XIX y la primera mitad del siglo XX estuvo influenciado por el positivismo de Augusto Comte. La premisa era tener datos observacionales, generar modelos y determinar principios físicos, esto significaba que todo lo que no fuera probado empíricamente carecía de valor científico. México no escapaba a esa vorágine. Razón por la cual, en la búsqueda de la institucionalización de la ciencia en México, los actores involucrados se enfocaron en determinar leyes precisas y rigurosas. Las palabras

²⁷⁹ Blanca Torres, *Historia de la Revolución Mexicana, 1940- 1952. Hacia la utopía industrial*, México, El Colegio de México, 2006, p. 23.

²⁸⁰ *Memoria relativa al estado que guarda el ramo de Educación Pública*, 31 de agosto de 1934. Tomo 1, México, Secretaría de Educación Pública, pp. 167.

²⁸¹ Jorge Myers, “Introducción. Los intelectuales latinoamericanos desde la colonia hasta el inicio del siglo XX” en Carlos Altamirano (director), *Historia de los intelectuales en América Latina. La ciudad letrada: de la conquista al modernismo*, Vol. 1, Madrid, Katz Editores, 2008, p. 42.

de Einstein resultan representativas de lo que se entendía por ciencia en Europa y en el mundo en general, así como de la lucha por el control de las comunidades:

La ciencia como [cuerpo de conocimientos] completo y terminado es la [cosa] más objetiva e impersonal que conocen los seres humanos; [pero] la ciencia como algo que está surgiendo, como meta, es tan subjetiva y es tan psicológicamente condicionada como cualquier otro esfuerzo del hombre, y su estudio es lo que debiera permitirse²⁸²

Esta cita muestra la transformación que estaba sufriendo la ciencia en el mundo.

Por un lado, se buscaba la certeza, pero al mismo tiempo se entendía que una parte de ella tenía visos de subjetividad en su construcción; es decir, la ciencia no era ajena a la incertidumbre de los avatares humanos. Estas dudas cimbraban el edificio que Bruno, Galileo y Newton habían construido entre los siglos XVI y XVII. Problema que tuvieron que sortear los actores científicos mexicanos del siglo XX.

En la primera mitad del siglo XIX la física aún se entendía según los preceptos newtonianos: “es lo dado o lo conocido, de lo que no se puede dudar, es decir de los fenómenos, y con base en ellos ir generalizando”.²⁸³ Como se mostró en el capítulo I, la segunda mitad del siglo XIX fue cuando comenzó el cambio de la física newtoniana; anclada a los conceptos de masa inercial y masa gravitacional,²⁸⁴ a una física nueva en la que la termodinámica y el electromagnetismo fueron el eje central de las investigaciones.²⁸⁵ El caso de la termodinámica presentaba problemas para ser tomada en serio: “el origen de la materia o de la fuerza, así

²⁸² Gerald Holton, *La imaginación científica*, México, Fondo de Cultura Económica/ Conacyt, 1985, p. 7; *Cf.* Max Planck, *op. cit.*, p. 26. Este aspecto le preocupaba a Planck, quien decía estar arrepentido de sus descubrimientos que ayudaron a fundar la mecánica cuántica y su interpretación relativista, p. 26.

²⁸³ José E. Marquina, *La tradición de investigación newtoniana*, México, UAM-I, biblioteca de signos 37, 2006, p. 45.

²⁸⁴ Martín J. Klein, “El estilo científico de Josiah Willard Gibbs” en Rutherford Aris, *et al.* (comps.), en *Resortes de la creatividad científica. Ensayos sobre los fundadores de la ciencia moderna*, México, Fondo de Cultura Económica, 1995, p. 131.

²⁸⁵ Véase pp. 4-7 del capítulo I de esta tesis.

como la suposición de que el fenómeno del pensamiento era una transformación de la energía, caían fuera de los límites de la experiencia y eran por tanto preguntas exclusivas de la filosofía y de la metafísica”.²⁸⁶ La mecánica cuántica al emanar del modelo de la termodinámica caía en el mismo problema.

Durante ese periodo los objetivos de la física sufrieron transformaciones que la acercaron a otras esferas de estudio como la química y las matemáticas. Ambas fueron estrechadas con la astronomía dando como resultado la revolución que ocurrió en el siglo XX. Desde luego esto fue posible a partir de la investigación sobre la termodinámica, el electromagnetismo de Maxwell y la teoría de Campo de Faraday.²⁸⁷ Sin embargo, fue en 1905 con los artículos del llamado *Annus Mirabilis* (año milagroso) de Einstein, que los físicos e historiadores de la física coinciden que nació la mecánica cuántica,²⁸⁸ y a partir de 1911, en la literatura de la época comienzan a llamarla de distintas maneras: mecánica cuántica y/o mecánica relativista²⁸⁹ y, desde su comprobación en 1919, mecánica einsteniana, por lo que la mecánica cuántica parece haber sido difícil de definir.²⁹⁰

2.3.1 La nueva física en la academia mexicana.

En el caso mexicano aún hay pocos datos que muestren que la mecánica cuántica se discutió de forma temprana entre los ingenieros. No por eso una revolución científica de esa magnitud pasó desapercibida. Prueba de ello es que, desde 1912

²⁸⁶ Stefan Phol Valero, *Energía y cultura...op. cit.*, p. 75.

²⁸⁷ Leopoldo García Colín, *La ciencia de Albert Einstein*, México, El Colegio Nacional, 2006, pp. 23, 27.

²⁸⁸ Silvio Bergia, “Desarrollo conceptual de la mecánica cuántica” en Silvio Bergia, *et al.*, *El siglo de la física. Interacciones ciencia- sociedad a raíz a la vista de las grandes revoluciones de la física moderna*, Barcelona, 1992, p. 91.

²⁸⁹ Véase capítulo 1 de esta tesis, pp. 23- 29.

²⁹⁰ *Crf.* Silvio Bergia, *op. cit.*, 92; Luis J. Boya, “Desarrollo conceptual de la física atómica y subatómica” en Silvio Bergia, *et al.*, *El siglo de la física, op. cit.*, pp. 163- 177; Alfred Molina I Compte, “Desarrollo conceptual de la teoría de la relatividad” en *Ibidem*, pp. 17- 22.

Sotero Prieto, quien pertenecía a lo que en esta investigación se ha denominado como la segunda generación de ingenieros, impartió un curso de funciones analíticas en la EAE.²⁹¹ Este recurso matemático fue perfeccionado en los primeros años del siglo XX por David Hilbert en Gotinga y, entre 1925 y 1927. Las funciones analíticas fueron parte del desarrollo de la interpretación de la mecánica cuántica de Heisenberg y Schörodinger.²⁹²

Más importante que el curso, resultaron los artículos que Prieto escribió en 1921, ya que fueron los primeros redactados por un mexicano sobre la mecánica relativista/ mecánica einsteniana. Nombres con los que la denomina de manera indistinta. A eso hay que añadir que también fueron los primeros en ser publicados en una publicación nacional. En el número 26 de *El Maestro. Revista de cultura nacional*, en la sección de conocimientos útiles se publicó el primer artículo titulado de forma simple: *La teoría de la relatividad*,²⁹³ en el siguiente número el artículo se intituló: *La teoría de la relatividad. Segunda parte*,²⁹⁴ ambos firmados por Sotero Prieto.

La revista fue ideada por José Vasconcelos y publicada por la SEP entre 1921 y 1923.²⁹⁵ En su portada aclaraba que era gratuita para los lectores de marcada pobreza y dirigida a un público extenso. En el número 26 aparecieron

²⁹¹ José Hernández Gómez, “Introducción” en Sotero Prieto Rodríguez, *Historia de las matemáticas*, México, Instituto Mexiquense de Cultura, 1991, p.

²⁹² Marcelo E. Aguilar, “La mecánica cuántica desde el campo de las matemáticas” en María de la Paz Ramos (coord.), *La mecánica cuántica en México*, México, UNAM- CIICH/Siglo XXI editores, 2003, p. 83- 85.

²⁹³ Sotero Prieto, “La teoría de la relatividad” en *El Maestro. Revista de cultura nacional*, núm. 26 (directores Enrique Monteverde y Agustín Loera y Chávez), 15 de agosto, México, 1921, s/n.

²⁹⁴ Sotero Prieto, “La teoría de la relatividad. Segunda parte” en *El Maestro. Revista de cultura nacional*, núm. 26 (director Enrique Monteverde), 29 de agosto, México, 1921, s/n.

²⁹⁵ Para más información sobre la revista *El Maestro* véase, Armando Leines Mejía, “El Maestro. Revista de cultura nacional (1921- 1923)”. Consultado en <http://hdl.handle.net/11191/2242>

textos de León Tolstoi y Juan José Tablada mientras que en el número 27, la situación no fue distinta; sólo que, en lugar de estar en la sección de conocimientos útiles, su texto estaba en la sección de temas diversos. En este último número, en la editorial estaba un escrito de Vasconcelos, Tolstoi estaba en temas diversos, mientras que en la sección de poesía se encuentra un texto de Rubén Darío. Esto no deja de ser curioso, ya que la muestra como no especializada, por el contrario, los temas eran diversos entre sí. La orientación de la misma muestra que los criterios para ordenar el número eran aleatorios. *El Maestro*, se asemejaba a lo que en la actualidad llamaríamos una revista de divulgación.

De regreso a los artículos, Prieto dice de la mecánica relativista que:

Los trabajos de Alberto Einstein han conmovido, hasta sus cimientos, la Astronomía y la Física. Pero no veremos derrumbarse edificios tan sólidos: subsistirán, sin duda, sobre bases más firmes; algunos de sus conceptos fundamentales quedarán radicalmente modificados y otros conservarán el alcance que tenían.²⁹⁶

Sin embargo, entre el texto 26 y el 27 hay un cambio en la redacción de Prieto sobre el tema. Enunció que la propuesta del físico alemán cambió el modelo de ciencia que se estaba construyendo. Sustentó su aseveración al inferir que “la supresión del sistema de referencia llamado espacio absoluto no debe considerarse como una pérdida para la Ciencia”.²⁹⁷ El pensamiento de Prieto muestra que entendía la renovación que estaba ocurriendo en las ciencias básicas, de tal suerte que afirmó que “la idea de estudiar los fenómenos naturales con observadores ficticios [...] tiene un valor extraordinario”.²⁹⁸

²⁹⁶ Sotero Prieto, “La teoría de la relatividad”, *op. cit.*, s/n.

²⁹⁷ Sotero Prieto, “La teoría de la relatividad. Segunda parte”, *op. cit.*, s/n.

²⁹⁸ Sotero Prieto, *op. cit.* s/n

Prieto sabía que las condiciones para realizar experimentos en el país eran inexistentes en 1921 y lo serían durante muchos años más, pero también sabía que la nueva física trabajaba sobre supuestos teóricos apoyados en la matemática. De los cuales sus mayores aproximaciones estaban en la química, la física experimental y las comprobaciones astronómicas. Prieto, en su texto, afirmó que este nuevo tipo de conocimiento sólo se podía concebir por experimentación, pero entendía que sólo la astronomía podía hacer eso.²⁹⁹ Esto no impidió que el profesor de la ENP emitiera una sentencia final: “Los triunfos de la nueva teoría son brillantes”.³⁰⁰

Los textos están exentos de fórmulas físico-matemáticas y escritos en un lenguaje sencillo para que los no iniciados en el tema fueran capaces de leerlos y entenderlos; invariablemente recurre a un ejemplo en el lenguaje matemático cuando elaboró demostraciones (recurso que forma parte de la lógica matemática) en función de la distancia y el tiempo. No obstante, lo hace en forma descriptiva justo para que el profesor rural, a quien estaba dirigida la revista, entendiera el mensaje. Esta tarea la realiza desde la perspectiva de la geometría euclidiana.³⁰¹ Vale la pena notar que Prieto presenta una imagen de una regla de cálculo, instrumento usado por ingenieros, matemáticos, físicos, químicos y astrónomos. La regla de cálculo servía para realizar operaciones que iban más allá de la suma y la resta.

²⁹⁹ Martín J. Klein, *op. cit.*, p. 131.

³⁰⁰ Sotero Prieto, “La teoría de la relatividad”, *op. cit.*, s/n.

³⁰¹ Sotero Prieto, *op. cit.*, s/n.

Prieto definió la mecánica relativista/ mecánica einsteniana como aquella que: “rechaza los conceptos del espacio y de tiempo absolutos [donde] no hay propiedades geométricas intrínsecas de ese espacio vacío: son las relaciones mutuas de los cuerpos materiales las únicas que pueden considerarse reales”.³⁰² Por la fecha de publicación de la revista y las aseveraciones realizadas es muy probable que Prieto haya conocido que la teoría de la relatividad había sido comprobada por Eddington en África en 1919.³⁰³

Es claro que en la década de 1920 los nuevos conocimientos de las dos teorías en boga en física eran conocidos por la comunidad académica y científica mexicana. Así lo demuestra la correspondencia que en 1925 mantuvieron los miembros de la segunda generación: José Chacón, José T. Rodríguez Neri y Antonio Solano dirigidos por Joaquín Gallo, en el Observatorio Astronómico Nacional, con Harlow Shapley, del Observatorio de Harvard,³⁰⁴ *The Astronomical Society of Pacific*s con sede en San Francisco California³⁰⁵ y Frank Schlesinger, del Observatorio de la Universidad de Yale. La temática versó sobre la aplicación de los principios de Maxwell y los nuevos descubrimientos de la física en el campo de la astronomía.³⁰⁶ La correspondencia muestra que a pesar de que los profesores mexicanos no eran productores de un conocimiento que impactara en las nuevas

³⁰² *Ibidem*, p. s/n.

³⁰³ Véase la cita 123.

³⁰⁴ Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, fondo Observatorio Astronómico Nacional, sección estudios astronómicos, subsección organizaciones, serie sol, caja 27, exp. 295, foja 19, año 1921- 1927, *Correspondencia con Harlow Shapley en el Harvard College Observatory*, 19 de febrero de 1921,

³⁰⁵ AHUNAM, fondo OAN, sección estudios astronómicos, subsección organizaciones, serie sol, caja 27, exp. 295, foja 95, año 1921- 1927, *Correspondencia con The Astronomical Society of the Pacific*s, San Francisco California.

³⁰⁶ AHUNAM, fondo OAN, sección estudios astronómicos, subsección organizaciones, serie sol, caja 27, exp. 295, foja 33, año 1921- 1927, *Correspondencia con Frank Schlesinger de Yale University Observatory*, New Haven Connecticut.

teorías, hubo una transformación de la ciencia en el país: se pasaba de una física-astronómica descriptiva a una física conceptual, similar a lo ocurrido en otros países durante el siglo XIX.³⁰⁷

Otro caso es el Manuel Sandoval Vallarta, miembro de la tercera generación y antiguo alumno de Prieto en la ENP.³⁰⁸ Sandoval Vallarta se interesó por los conceptos y funcionamiento de la mecánica cuántica, así como la resolución de problemas físicos y matemáticos alrededor de ella. En 1922, año en que cursaba la mitad de su doctorado en el *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), presentó interés en la relación entre la teoría de gases de Gay-Lussac y el electromagnetismo de Maxwell. Esto es posible saberlo a través de los apuntes que hizo en la marginalia en el texto intitulado *On the Dynamical Theory of Gases* del mismo Maxwell.³⁰⁹

No fue la única ocasión que Sandoval Vallarta se interesó por los problemas de la mecánica cuántica. En 1923 sus notas muestran que exploró la relación entre la ley de Ampere y la teoría de campos de Faraday que buscó resolver mediante la aplicación de los senos de Riemann y el análisis de álgebra de Heaviside, como él afirma en sus apuntes.³¹⁰ La tesis doctoral elaborada por Sandoval Vallarta en el MIT, titulada: *El modelo atómico de Bohr desde el punto de vista de la teoría de la*

³⁰⁷ Maurice Crosland y Crosbie Smith, “The Transmission of Physics from France to Britain: 1800- 1840” en *Historical Studies in the Physical Science*, University of California Press, Vol. 9, 1978, Consultado en <https://www.jstor.org/stable/27757376>.

³⁰⁸ Iván Rubén Lara Mimblera, “El perfil de las ciencias en la Escuela Nacional Preparatoria” en Federico Lazarín Miranda, *et al.*, Manuel Sandoval Vallarta en su época. Relaciones sociales y culturales, influencias científicas y políticas, México, UAM-I, Biblioteca de signos, 2017, pp. 74- 77.

³⁰⁹ Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, Taller- Laboratorio de Historia de la Ciencia y la Tecnología, AHCMSV, sección personal, serie estudios, caja 8, exp. 1, f. 3.

³¹⁰ Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, Taller- Laboratorio de Historia de la Ciencia y la Tecnología, AHCMSV, sección personal, serie estudios, caja 8, exp. 2, f 8.

relatividad general y del cálculo de perturbaciones,³¹¹ indica que estaba a la vanguardia en el conocimiento físico. Los problemas del mundo subatómico también eran parte de su interés: la cuántica iba de la mano como requisito para comprender la relatividad.

Sin embargo, Sandoval Vallarta, miembro de la segunda generación, es diferente al resto de los ingenieros- docentes mexicanos que estaban presentes en ese momento. Él estaba en condiciones 'ideales' para la investigación en una institución que comenzaba a consolidarse como una de las escuelas dominantes del área de la ciencia básica en el mundo. El MIT empezaba a disputar la hegemonía de las matemáticas, la química y la física a las instituciones europeas.

En 1927 la mecánica cuántica estaba casi completa, justo en ese año Sandoval Vallarta escribió un artículo en el *Journal of Mathematics and Physics* que llevaba por título "*On the Conditions of validity of macromechanics*".³¹² En ese texto exploró "la dinámica atómica sustentada en la concepción de que la mecánica está en lo fundamental sujeta a las leyes de los fenómenos ondulatorios",³¹³ Fernando del Río Haza indica que el autor sigue las huellas de de Broglie y Schrödinger entre óptica geométrica y mecánica clásica.³¹⁴ Este texto es el único donde Vallarta exploró la mecánica cuántica como aparato teórico. Esto se afirma debido a que sus trabajos posteriores fueron entorno a los rayos cósmicos; investigación que tiene

³¹¹ Federico Lazarín Miranda, "El proceso de adopción de la física moderna en México, 1900- 1945", *VI jornadas de ESOCITE*, Bogotá, Colombia, 19- 21 de abril de 2006, p. 10. Texto inédito.

³¹² Manuel Sandoval Vallarta, "On the Conditions of validity of macromechanics", en *Journal of Mathematics and Physics*, núm. 6, 1927, p. 209.

³¹³ *Ibid.*

³¹⁴ Fernando del Río Haza, *Destellos del cosmos. Ensayo biográfico sobre Manuel Sandoval Vallarta*, México, El Colegio Nacional, 2018, 139.

relación sólo de forma tangencial con la mecánica cuántica, pero que forma parte de la nueva física que se estaba consolidando.

Esta nueva física requería de hipótesis, sustentadas en axiomas matemáticos y esperaba la comprobación de sus supuestos en los laboratorios, algo que ocurrió décadas después. Esto no indicaba que la hipótesis fuera falsa, sino que sus bases teóricas respondían a todas las leyes y axiomas necesarios para considerarse válidos, al menos hasta que hubiera una comprobación empírica de su verdad o falsedad.

Después de 1930 es posible encontrar otros académicos y científicos mexicanos que tenían interés por los principios de las nuevas teorías físicas. En 1931, Ricardo Monges López, uno de los físicos que se estaba formando en Estados Unidos, regresó a un debate que fue dejado de lado después de 1900, con el artículo de Planck sobre los cuantos: la energía. Su discurso, impartido a la Academia Nacional de Ciencias Antonio Alzate, intitulado: *La relatividad de la energía. Una explicación equivalente a la teoría de la relatividad de Einstein*,³¹⁵ lo dividió en dos partes, una para el público general y otra para el especializado.

En su postura dejó claro que la física, la astronomía y la matemática dejaban atrás su carácter general: hasta ese momento cualquier aficionado podía hacer aportes alguna de esas áreas, para asumirse en el espacio mexicano como algo especializado. Lo que significaba que había saberes que no todos podían practicar

³¹⁵ Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México, fondo Observatorio Astronómico Nacional, sección estudios astronómicos, serie temas diversos, año 1917- 1935, caja 12, exp. 114, Ricardo Monges López, “*La relatividad de la energía. Una interpretación equivalente a la teoría de la relatividad de Einstein*”, 1931.

debido a la formación académica que tenían. El lenguaje ya no era de acceso para cualquiera que no fuera iniciado en la diferenciación de los saberes.³¹⁶ En la década de 1930 se encuentra en México la integración de dos grupos alrededor de la nueva física. Ambos pertenecen a los cohortes generacionales que se enunciaron previamente: el grupo 2 y 3 (véase cuadro 4). Ambos comenzaron a defender sus territorios académicos: el primero conformado por aquellos interesados en la física, pero que no eran profesionales de ella. En este grupo es posible incluir a Prieto, Gallo, así como ingenieros y licenciados que se acercaron a ella de forma autodidacta; mientras que un segundo grupo incluía a los ingenieros con posgrados especializados en física en el que entran Sandoval Vallarta, Monges López y Alfredo Baños Jr. Esto no significa que no hubiera diálogo o colaboración, por el contrario, la comunicación era fluida. Tampoco se asume que hubiera discordias entre ellos, pero se estaban sentando las bases del distanciamiento entre esos grupos.

El texto de Monges López tenía referencias a los precursores de las bases de la mecánica cuántica y la relatividad, como Lorentz, Maxwell, Riemann-Christoffel y el experimento de Michelson- Morley que ayudó a comprobar la mecánica relativista. En su texto hizo hincapié en que difería de las bases conceptuales de Einstein. Monges López continuó su exposición con referencias al electromagnetismo, concluyendo que

He puesto de manifiesto que la teoría de la relatividad de Einstein aunque matemáticamente eficaz, es una explicación imperfecta porque atribuye al espacio, al tiempo y a la masa de los cuerpos que se mueven variaciones que no

³¹⁶ Tony Becher, “The Internalities of Higher Education” en *op. cit.*, p. 397

les corresponden, sino que son propias de la energía electromagnética en el campo electromagnético³¹⁷

En su discurso es interesante la crítica realizada a Einstein, quien hacia 1931 era uno de los físicos más reconocidos en el ámbito de la ciencia. Sin embargo, también mostró que uno de los campos que formaban parte de la mecánica cuántica y la relatividad eran estudiados en el escenario académico mexicano: el electromagnetismo. En la atmosfera académica existía interés por conocer las bases y funcionamiento de los nuevos paradigmas provenientes de las ciencias básicas.

El interés de los académicos y científicos mexicanos en la nueva teoría física continuó. Prueba de ello es que, en 1932 Sotero Prieto retomó el tema y se interesó por presentarlo a un público general en las pláticas que impartió en el Instituto Científico y Literario del Estado de México sobre relatividad y mecánica cuántica.³¹⁸ En ese momento ambas teorías ya estaban bien diferenciadas, pero continuaban caminando juntas en el desarrollo de la ciencia del siglo XX. Alberto Barajas, uno de sus últimos alumnos en la ENP, dijo

aprendimos no solo que las matemáticas son la más bella de las ciencias, sino también una pasión y un sueño. En la atmósfera densa de su clase practicábamos el enérgico deporte de la precisión mental. Poseedor de un gran talento matemático, no tuvo contacto con el oxígeno de la investigación internacional. Nacido en una época en que el ambiente científico era débil, sufrió las ilusiones ópticas del autodidacto.³¹⁹

Prieto fue uno de los profesores que se acercó de forma autodidacta a la relatividad y la mecánica cuántica, pero ¿de dónde obtuvo la información? Parece ocioso decir

³¹⁷ AHUNAM, fondo OAN, sección estudios astronómicos, serie temas diversos, año 1917- 1935, caja 12, exp. 114, Ricardo Monges López, “*La relatividad de la energía. Una interpretación equivalente a la teoría de la relatividad de Einstein*”, 1931, s/f.

³¹⁸ José Hernández Gómez, “Introducción” en *op. cit.*, p. 25.

³¹⁹ Cita tomada de Alejandro Illanes, “Alberto Baraja Celis en el centenario de su nacimiento” en *Miscelánea Matemática*, núm. 58. México, Sociedad Mexicana de Matemáticas, 2014, p. 2.

que tuvo acceso a los textos de Michelson, al *Interference Experiment* de Lorentz y al libro *Theory of Heat* de Maxwell.³²⁰ Esto es posible suponerlo a partir de las referencias que hace en su texto de la revista *El Maestro*. En el caso del libro de Maxwell se sabe que se encontraba en la biblioteca de la Escuela Nacional de Altos Estudios. También se conoce que Alfonso Reyes, como secretario de la escuela en 1912, gestionó la adquisición de libros sobre las nuevas teorías científicas en boga en Europa.³²¹ Entonces, es viable suponer que esos libros estuvieron al alcance de Prieto. La comunicación entre los actores científicos y académicos permitió que el flujo de información llegara a países periféricos proveniente de aquellos que marcaban la innovación científica. La correspondencia entre el OAN y sus pares estadounidenses es una prueba de la comunicación e intercambio de saberes; la mayoría de las veces asimétrica entre las comunidades académicas y científicas.

Al mismo tiempo que el intercambio de información se volvió una constante en la conformación de redes científicas internacionales, la nueva física se abrió espacio en las aulas de educación superior. Uno de sus promotores fue Joaquín Gallo. En 1933 impartió la asignatura de cosmografía, por el temario de clase sabemos que los temas que enseñó fueron “Cosmología: relatividad y mecánica cuántica, Astrofísica: relatividad y mecánica cuántica, Mecánica clásica y nueva mecánica, y La astronomía frente a los nuevos avances de la física”.³²² En esas mismas clases se trataron temas como las “Singularidades de Schwartzchild”. En

³²⁰ Raúl Domínguez y Joaquín Lozano, “Sotero Prieto y la enseñanza de las matemáticas en la Universidad Nacional” en Jorge Bartolucci (coord.) *La saga de la ciencia mexicana. Estudios sociales de sus comunidades: siglos XVIII al XX*, México, UNAM, 2011, pp. 142- 143.

³²¹ *Ibidem*, p. 138.

³²² AHUNAM, fondo OAN, sección estudios astronómicos, subsección organizaciones, serie docencia, caja 43, exp. 436, foja 16, año 1933, “Temario de clases de cosmografía”

las notas hizo hincapié en la importancia de la relatividad y la mecánica cuántica en este tema; se expusieron los temas de las aproximaciones de campo débil para la ecuación de Einstein y cómo estos temas eran de “Importancia para los físicos en formación”.³²³ En la lista de alumnos que tomaron ese curso, sobre sale Ana Margarita Flores A. quien años después apareció como autora en la *Revista Mexicana de Física* (véase cuadro 6. Lista de alumnos).

³²³ AHUNAM, fondo OAN, sección estudios astronómicos, subsección organizaciones, serie docencia, caja 43, exp. 436, s/f, año 1933, “Libreta de registro de clases de cosmografía, aparentemente del profesor Joaquín Gallo”

Cuadro 6. Lista de estudiantes de la clase de Cosmografía impartida por J. Gallo, 1943.

Acuña G. Franco. Adalid Y. Jesús. Álvarez M. Pedro. Amerena C. Pascual. Arima José Ricardo. Arenal D. Manuel. Barrios S. Javier. Baledón B. Antonio. Benítez Gabriel. Pelanzo Luis Castañeda Eduardo Contreras S. Manuel. Chicharro G. Enrique. Guzmán Jorge Díaz Leal M. Carlos. Escalante P. Carlos. Escobar T. Armando.	Flores H. Luis. García G. Armando. Gómez O. Benjamín. Hernán B. Héctor. Hall B. Carlos. Lagunas J. Antonio. Ocampo Daniel. Mendieta H. Carlos. Muñoz C. J. Ortiz S. Horacio. Pérez A. Franco Pimentel Ch. Miguel. Pons Cul. Rodolfo. Rosas Ch. Riccardo. Reyes P. Marcelino. Rodríguez María Antonia.	Sandoval L. Raúl. Sierra S. Antonia. Terrenos L. Abelardo. Verdirame C. Marcos. Velázquez Ch. Manuel. Valle F. Enrique. Valero P. Roberto Velasco C. José. Villa G. Villafuerte Raúl. Vizcaya Enrique. Zayas E. Luis. Zepeda L. Abelardo. Cabera V. Amalia. Franco B. Ester. Flores A. Ana Margarita. Peña T. Alicia.
--	--	---

Fuente: AHUNAM, Fondo: OAN, sección: Estudios Astronómicos, serie docencia, caja: 43, Exp. 436, 1943. Lista de clase de la asignatura de cosmografía.

La década de 1930 significó la consolidación del proyecto académico de ciencias en México. Primero había que consolidar la nueva física y las matemáticas como parte de los programas de estudio de la Universidad Nacional, lo que se logró en el año de 1936. Posterior a este punto era necesario pasar a la investigación. Este segundo paso era igual o más complicado que el anterior, así que requería más tiempo. Este aspecto se explorará en el siguiente capítulo de esta tesis. El plan de estudios de 1936 indicaba que en el tercer y cuarto año de la carrera de físico se llevarían las asignaturas de Introducción a la Física Teórica I e Introducción a la Física Teórica II, respectivamente. En el programa de estudios de 1939 se incluyó la asignatura de Física atómica, en todos los casos el encargado de las asignaturas fue Alfredo Baños Jr.³²⁴

³²⁴ Leticia Plascencia Gaspar, *et al.*, “La formación profesional del físico en la UNAM. Trayectoria de sus planes de estudio”, en *Perfiles Educativos*, México, ISSUE-UNAM, vol. XXXIII, núm. 131, 2011.

La relación que tenían la física y la astronomía incidió en los debates y contribuciones a la ciencia nacional. Las nuevas teorías y la reinterpretación de sus fundamentos se suscitaron en distintos flancos. Uno fue la recién inaugurada Facultad de Ciencias, el otro aconteció en una de las instituciones que mejores condiciones tenía en esa época: el OAN, el cual era el lugar donde era posible aplicar la física y las matemáticas debido a los registros de sus observaciones astronómicas. Esta institución era apoyada por sus integrantes, quienes se interesaban por los avances de la física, la astronomía y la matemática, de la Sociedad Alzate. La institución reunía a ingenieros que tenían intereses diversos.³²⁵

El físico más conocido que tenía México: Sandoval Vallarta, encontró en la Facultad, el OAN y la Sociedad Alzate, los lugares donde tener correspondencia científica en México. En el año de 1933, el trabajo de Sandoval Vallarta con Lamaitre fue mencionado en las notas del Observatorio. El trabajo fue elogiado, pero también recibió críticas por parte de José Malpaso, miembro de la Sociedad correspondiente en el Estado de Campeche. La crítica indica que los miembros del Observatorio conocían el funcionamiento de la nueva física ya que los comentarios se hicieron de forma lúdica y matemática.³²⁶

En 1935 el Séptimo Congreso Científico Americano, que se realizó en la Ciudad de México con el apoyo de la SEP, ayudó a difundir en el país los nuevos descubrimientos en las ciencias básicas entre los académicos, científicos y público

³²⁵ Jorge Bartolucci, La modernización de la ciencia en México... *op. cit.*, p. 141.

³²⁶ AHUNAM, fondo OAN, sección estudios astronómicos, subsección organizaciones, serie sol, caja 27, exp. 296, foja 115, año 1921- 1927, Carta dirigida a Joaquín Gallo desde Campeche, *Mi hipótesis sobre el origen del sistema solar, 1933.*

interesado. En dicho evento fungieron como comisión organizadora del área de ciencias físicas y matemáticas: Joaquín Gallo, José Arteaga y Alfredo Baños Jr., a la que después se unió Sandoval Vallarta.³²⁷ La colaboración de Sandoval Vallarta no fue bien recibida del todo. La Comisión Organizadora le sugirió en un tono un tanto obligatorio a Gallo incluir al famoso físico mexicano en la comisión a través de una carta con fecha del 20 de agosto de 1935, que decía: “De todas suertes la colaboración del Dr. Sandoval Vallarta, no implicaría en la delegación de la presidencia (de Gallo) de esa sección como usted lo sugiere [...] nuestra sugerencia para designar colaboradores tiene doble objeto: el de distribuirse el dictamen de los trabajos”.³²⁸

Mas allá de estas desavenencias por la organización del evento, los temas a tratar en el Congreso eran de sumo importantes para la divulgación de la física. Así lo expresaba el programa general que incluía en la sección de física los temas: 1) desarrollos recientes y problemas de la física; 2) recientes desarrollos de la teoría cuántica; 3) comunicación radiotelefónica- televisión y 4) radiación cósmica.³²⁹ De las ponencias presentadas resaltan la de Vicente Ortega y Espinosa, “La mecánica newtoniana en los fenómenos que comprueban la teoría de la relatividad” que fue colocada en la temática de los recientes desarrollos de la teoría cuántica³³⁰ y “Mecánica eléctrica de la gravitación” de A. Roberto.³³¹ Esta organización temática puede ser debatible; si bien la relatividad y la gravitación tenían importancia en la

³²⁷ AHUNAM, fondo OAN, sección estudios astronómicos, serie congresos, caja 36, exp. 367, año 1929, f. 2,

³²⁸ AHUNAM, fondo OAN, sección estudios astronómicos, serie congresos, caja 36, exp. 368, año 1929, s/f.

³²⁹ AHUNAM, fondo OAN, sección estudios astronómicos, serie Congresos, caja 36, exp. 367, año 1929, s/f.

³³⁰ AHUNAM, fondo OAN, sección estudios astronómicos, serie Congresos, caja 36, exp. 367, año 1929, f. 3.

³³¹ AHUNAM, fondo OAN, sección estudios astronómicos, serie Congresos, caja 36, exp. 367, año 1929, f. 5.

mecánica cuántica para este momento se entendía que era teorías diferentes en el marco de la física.

Al congreso acudieron científicos de diversas instituciones mexicanas y extranjeras. Los participantes fueron Esfermini Ortega, Carlos Graef, Lyman Briggs, Manuel Cerrillo, L. V. Berkman, E. Huntington, M. E. Ortiz de Zavala, José C. Gómez, Rosendo O. Sandoval y Severo Díaz, Ignacio Avilez, Guillermo Aguilar Álvarez, Tomás Barrera, Fernando Orozco y Ramón Domínguez. Algunos de estos actores resultan difíciles de rastrear en la información consultada. Sin embargo, salvo algunas excepciones ninguno de ellos aparece en el desarrollo de la ciencia en México. Las instituciones extranjeras invitadas fueron la *John Hopkins University*, *The American Physical Society of Washington*, *The Bartol Research Foundation of Philadelphia* y *The American Mathematical Society*. Es curioso hacer notar que la organización del evento corrió por parte de la SEP, la Sociedad Alzate y el OAN. A pesar de haber sido fundada de forma reciente no se menciona a la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional.

En 1939 en las clases de Espectrometría en la Facultad de Ciencias se abordaban temas de vanguardia como el experimento Michelson-Fourier y el Principio de Incertidumbre de Heisenberg. Ambos eran parte de los intereses que existían en los fundamentos matemáticos de los estudiantes de la Facultad de Matemáticas y Física. Hacia 1940 se sabe que Gallo realizaba lecturas de textos clásicos de la mecánica cuántica como *Notes on the Scattering of X- Rays* de Peter

Debye. Gallo no sólo leyó el texto, sino que lo corrigió en aspectos, con los que no estaba de acuerdo, como la escritura, contenido y resultados.³³²

Esto lleva a concluir que, si bien Gallo y Prieto no se formaron como físicos o matemáticos, sino como ingenieros su estudio personal y dedicación los llevó a aprender el lenguaje de forma autodidacta: la única forma en que era posible aprender sobre ella en ese momento en México. Esto tiene valor cuando se resalta que no eran especialistas en mecánica cuántica y relatividad. Bajo su orientación se formaron a los personajes pertenecientes a la segunda generación (véase cuadro 7) de los físicos que se estaban instruyendo en universidades estadounidenses.

La lectura de las notas de Gallo muestra que entendió el lenguaje. En ellas citó a Eddington, Debye, Einstein y Erwin Freundlich. Lo que se constata en su artículo de 1940, *Stars count of the plates of Astrophotographie Catalogue of Tacubaya*,³³³ publicado en la *Revista de Astronomía* de la Sorbona. Misma situación que Prieto había realizado 19 años antes con los artículos en *El Maestro*.

Dentro de las matemáticas y la astronomía, Sotero Prieto y Joaquín Gallo tuvieron relación con el desarrollo de los nuevos conocimientos físicos en México. Es casi seguro que la situación no fuese aislada; al menos en los primeros años del siglo XX, muchos otros actores estuvieron presentes. No obstante, debido a la

³³² Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, Taller- Laboratorio de Historia de la Ciencia y la Tecnología, AHCMSV, sección científica, subsección congresos y conferencias, serie año geofísico internacional, caja 21, exp. 8, f 17.

³³³ Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, Taller- Laboratorio de Historia de la Ciencia y la Tecnología, AHCMSV, sección científica, subsección congresos y conferencias, serie año geofísico internacional, caja 21, exp. 8, f 10.

escasez de información para reconstruir sus biografías resulta difícil darles el mérito que les corresponde.

La era de la institucionalización de la física en México había comenzado³³⁴ con Prieto y Gallo aprendiendo de forma de autodidacta el lenguaje de una ciencia que estaba en constante construcción durante la primera mitad del siglo XX. Es interesante la dinámica que surgió en la academia y la ciencia mexicana: en el marco de la institucionalización de las ciencias básicas también se generaron las diferencias entre investigación y enseñanza. La academia mexicana, a pesar de ver como un ideal al profesor-consultor al estilo británico, fomentó las diferencias entre las dos actividades. La institucionalización de la ciencia derivó en una organización jerárquica, donde las mejores condiciones se seleccionaron para los mejor calificados, algo que ocurrió en todas las academias.³³⁵

Aunque sin la fama que adquirieron otros actores posteriormente, Gallo y Prieto abrieron el campo de estudio de la física, las matemáticas y la astronomía a teorías que describían de mejor forma la naturaleza. En el caso de Sandoval Vallarta, Monges López y Alfredo Baños Jr., miembros de la segunda generación, es sabido la fama que adquirieron; sobre todo, los dos primeros desde las décadas de 1930 a 1940. Aunque, como ya se enunció, se debe hacer mención que aún desconocemos datos de otros personajes que permitan comprender de mejor forma el proceso por el cual la física y la mecánica cuántica se difundieron en las aulas mexicanas en épocas tempranas en el siglo XX. Todos ellos tuvieron en común

³³⁴ Raúl Domínguez *et al.*, “Sotero Prieto y la enseñanza de las matemáticas en la Universidad Nacional” en Jorge Bartolucci (coord.), *La saga de la ciencia mexicana*, *op. cit.* p. 133.

³³⁵ Becher, “The Internalities of Higher Education”, *op. cit.*, p. 400.

pertenecer, en el caso mexicano, a lo que Oppenheimer llamó “la era de los héroes”.³³⁶

2.4 Conclusiones

La física, la matemática y la astronomía vieron separados sus objetos de estudio de las ingenierías que fungieron como área fundacional de éstas en parte debido a que la mayoría de los interesados en ellas eran ingenieros y sus prácticas de acuerdo con su formación. Como se mostró en la primera parte del capítulo la institucionalización abarcó casi todas las áreas del saber. Los estudios en física dejaron su orientación ingenieril y viraron hacia una física profesional entre 1938 y 1952.³³⁷ La física de las décadas de 1920 y 1930 se acercó de forma constante a las matemáticas y la astronomía para explicar los nuevos acontecimientos. En el camino se dejó de lado a la química que en la década de 1970 cobraría mayor relevancia para la nueva física en México.

En tanto, las comunidades científicas se observaron en relación con las generaciones lo que demostró que no necesariamente la edad de los actores es una cualidad que determine a un grupo. Bajo este supuesto, se presentó la idea de que, sin importar la edad de los actores involucrados estos confluyeron en otros aspectos que los integró a una generación. Dicho argumento se usó para agrupar a

³³⁶ Kumar, Manjit, *op.cit.*, 172-185; En el escenario latinoamericano sobresale Alberto González Domínguez renombrado matemático argentino, que estudió en Gotinga. En esa institución acudió a seminarios con Hilbert y Von Neumann donde se interesó en la mecánica cuántica desde la perspectiva matemática, *crf.* Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, Taller- Laboratorio de Historia de la Ciencia y la Tecnología, AHCMSV, sección científica, subsección congresos y conferencias, serie año geofísico internacional, caja 21, exp.17. f.8.

³³⁷ María de la Paz Ramos, “De la física de carácter ingenieril a la creación de la primera profesión de física en México”, *Revista Mexicana de Física E*, Sociedad Mexicana de Física, núm. 51, diciembre 2005, México, pp. 143- 145.

los primeros científicos mexicanos. Con esto se asevera que una siguiente generación de científicos mexicanos, tomó el control de las instituciones científicas creadas por el Estado hasta 1940 y que las organizaron en función de sus intereses.

El caso de la mecánica cuántica en sus primeros años en México ha resultado difícil de rastrear. Sobre todo, porque son pocos los registros que muestran que se haya hablado de mecánica cuántica de forma directa, más bien su estudio coincidió con la institucionalización de los saberes. No obstante, hay indicios que señalan que en algunas clases se enseñó el tema de mecánica cuántica y se intentó hacer difusión de este nuevo saber. También se sabe que los académicos y científicos mexicanos se interesaron en temas que servían de base para el estudio de la mecánica cuántica, tales como termodinámica y electromagnetismo, así como otros con los que tenía relación, sin que fueran lo mismo, como la relatividad. Este último tema es interesante, la documentación muestra que, en México como en otros países, la cuántica fue uno de los tópicos de mayor interés entre el público en general, al igual que entre los que podían entender sus bases físico- matemáticas.

Capítulo 3. La física mexicana, 1938- 1961

La institucionalización que se enunció en el capítulo II fue parte de un proceso que no comenzó en el siglo XX. Como se ha mostrado, las instituciones fundadas fueron parte de una sinergia entre las comunidades científicas y los intereses de los diferentes gobiernos posrevolucionarios. Aunque como se mencionó, el interés de la ciencia en México no nació con la Revolución, sino que la tradición asociacionista era la que se encargaba de la ciencia en el país.

A diferencia de lo ocurrido entre 1920 y 1937, los años que van de 1938 a 1961 tienen una dinámica distinta. En 1938 en la UNAM se creó el Instituto de Ciencias de Física y Matemáticas (ICFyM); en 1939 éste dio lugar al Instituto de Física con 154 trabajadores; en 1941 el Instituto de Química contó con 54; y en 1942 el Instituto de Matemáticas con 62.³³⁸ De los integrantes de los institutos un número muy reducido correspondía a los académicos, quienes eran un activo escaso; los demás eran personal necesario para llevar a cabo las actividades. La Sociedad Matemática Mexicana (SMM) se fundó en 1943, mientras que en 1951 se creó la Sociedad Mexicana de Física (SMF), estos datos demuestran que la institucionalización de las academias profesionales avanzó rápidamente en el país.

En el primer capítulo de esta tesis se argumentó que la mecánica cuántica fue un proceso científico de largo aliento en el que diversos actores científicos se vieron involucrados. Lo que significa que antes que un *invento* realizado por un genio fue resultado de un trabajo colaborativo. En el segundo capítulo se mostró que algunos científicos mexicanos se acercaron a la relatividad y la mecánica

³³⁸ María Eugenia Alvarado Rodríguez, *op. cit.*, pp. 29- 30.

cuántica, aunque de forma aislada. La excepción a este caso lo constituyó Sandoval Vallarta en el MIT, donde tuvo algunas contribuciones a la mecánica cuántica relativista. Este marco invita a preguntarse por qué al parecer esta última no arraigó en México durante la etapa primigenia de la institucionalización de los saberes físico- matemáticos. Este cuestionamiento surge a partir de que reconocer que los científicos mexicanos más reconocidos estaban envueltos en la investigación cuántica; incluso formaron parte de la segunda generación de científicos que estableció las diferencias entre micromecánica y macromecánica de la mecánica cuántica.³³⁹

En este capítulo se explora la institucionalización de la ciencia en México desde una óptica multifactorial. En primer lugar, se explora la influencia estadounidense en la ciencia mexicana. Esto se realiza a partir del concepto de poder blando en su sentido cultural. A partir de éste se explica la importancia y desarrollo de la investigación de los rayos cósmicos y el cambio hacia la energía nuclear, pasando por la mecánica cuántica.

En el segundo apartado se presenta el apoyo que realizó el Estado mexicano en la consolidación de las instituciones en diferentes partes del país. En contraste con lo ocurrido en las décadas anteriores cuando los gobiernos apoyaron la institucionalización de forma tangencial, en las décadas de 1940 y 1950 el soporte económico fue constante. Diversos factores deben ser tomados en cuenta, tales como el interés que hubo en la construcción del OAT en Puebla, los Congresos Astronómicos, la compra del acelerador Van de Graff y el cambio de intereses de

³³⁹ Fernando del Río Haza, *op. cit.*, pp. 138- 144.

los astrofísicos mexicanos. Estos últimos dejaron de lado la investigación de *La Carta del Cielo* por la astrofísica.³⁴⁰ Así como el interés que tuvo el Estado mexicano por la ciencia con la finalidad de construir identidad.

En el tercer apartado se propone que la institucionalización no sólo fue una serie de hechos que materializaron a las instituciones, sino que en el interior de éstas se configuraron comunidades. Las cuales establecieron relaciones profesionales que derivaron en la conformación de redes entre los físicos e interesados en distintas áreas de la disciplina. Uno de los lugares predilectos para establecer ese tipo de relaciones fueron los congresos científicos. Razón por la que se analizan las redes que hubo entre ellos en el Simposio de Física en Brasil de 1952,

Ellos formaron parte de una tradición científica, en el sentido que propone Laudan; es decir, las prácticas científicas que arraigaron en el Instituto de Ciencias forman parte de la ciencia en México. Para Laudan las anomalías instigan el progreso en la ciencia a partir de los intereses de las comunidades científicas en determinadas teorías,³⁴¹ tal fue el caso de los científicos mexicanos que reconocieron una serie de teorías que resultaron adecuadas para la solución de los problemas planteados.

³⁴⁰ Jorge Bartolucci, *La modernización de la ciencia en México. op. cit.*, p. 21. La diferencia entre la Carta del cielo y la astrofísica es principalmente que la primera sólo se ocupa de la descripción a través de la observación de las estrellas y constelaciones, mientras que la segunda se preocupa por la composición de la materia celeste. Esta dicotomía provocó que, ante el ascenso y prestigio que adquirieron las nuevas teorías cuántica, relativista y atómica, la descripción de los cuerpos celestes poco aportara a la ciencia. Razón por la que los astrónomos mexicanos se decantaron por la astrofísica. Este caso es tratado de forma amplia en Bartolucci, *Ibidem*, pp. 67-80.

³⁴¹ Larry Laudan, *Progress and its problems: Towards a theory of scientific growth*, Los Ángeles/ London, University of California Press, 1977, pp. 28- 29.

3. 1 La influencia estadounidense en la ciencia mexicana

En la primera década del siglo XX los estudiantes que ingresaban a la Universidad Nacional lo hacían con estudios mínimos. En los años posteriores esta situación cambió debido a que otros niveles fueron incorporados en el tránsito de la educación elemental hasta la universidad. A pesar de las dificultades políticas y económicas del país, la institución contó con recursos humanos con sólida formación académica. Era común que tuviera destacados representantes en distintas áreas del saber. Las humanidades, las ciencias sociales, la medicina e incluso la ingeniería contaban con algún representante destacado. Esta era un escenario común en otras ciudades del país en el ámbito académico. No obstante, las matemáticas y la física eran una notable excepción debido a su inexistencia institucional. Esta situación provocó que aquellos que quisieran sobresalir en algún campo de ese tipo tuvieran que salir del país.³⁴²

La educación universitaria sufrió un cambio en los estudiantes que acudían a sus aulas desde la década de 1920. Al igual que Sandoval Vallarta años antes, la estancia de Carlos Graef y Arturo Rosembueth en el MIT en la década de 1930 representó el camino que seguirían otros mexicanos en su anhelo de consagrarse como científicos: formarse en escuelas, institutos o universidades estadounidenses. Hacia la década de 1940 las trayectorias educativas de los estudiantes formados en la universidad eran completamente distintas a lo que habían sido durante los años previos.

³⁴² Raúl Domínguez y Joaquín Lozano, “Sotero Prieto y la enseñanza de las matemáticas en la Universidad Nacional”, en Jorge Bartolucci (coord.), *La saga de la ciencia mexicana. Estudios sociales de sus comunidades: siglos XVIII al XX*, México,

A diferencia del desarrollo de las ciencias en el siglo XIX, en el cual el conocimiento fue objeto del interés de las asociaciones, en el siglo XX y frente a la importancia que iban adquiriendo las comunidades científicas respaldadas por prestigiosas instituciones, la organización de las comunidades cobró relevancia. Las comunidades académicas tienen elementos que las constituyen: la disciplina que desarrollan, el grupo epistemológico al que pertenecen, la profesión de los padres o abuelos, el reconocimiento profesional con base en la reputación y la recompensa, y finalmente la actividad profesional.³⁴³ Karl Popper argumentó que, al menos en el caso de la física, las comunidades científicas mantuvieron su cohesión a través del ejercicio de la ciencia normal, porque están bajo el imperio de una ciencia dominante, que era la Física internacional, normalizada e institucionalizada.³⁴⁴

Los físicos mexicanos miraron hacia el norte como modelo de referencia en la construcción de la ciencia que les interesaba. Para el físico de la UNAM Jorge Rickards Campbell, la física mexicana vio en el desarrollo de la física estadounidense el modelo a seguir.³⁴⁵ Sin embargo, durante la primera mitad del siglo XX, la física estadounidense parecía mantener el espíritu de Edison. Por lo que, en este punto, quizá valga la pena mencionar lo que para John C. Slater hacía un físico teórico: “Un físico teórico sólo debe pedir una cosa a sus teorías hacer predicciones razonablemente buenas sobre los experimentos”³⁴⁶. Algo similar pensaba Edward

³⁴³ Tony Becher, *op. cit.*, p. 2.

³⁴⁴ Karl Popper, “La ciencia normal y sus peligros” en Imre Lakatos y Alan Musgrave (editores), *La crítica y el desarrollo del conocimiento*, Barcelona/ Buenos Aires/ México, Ediciones Grijalbo, 1975, p. 151.

³⁴⁵ Jorge Rickards Campbell, “MI visión de los aceleradores en México” en María de la Paz Ramos (Coord.), *Experiencia mexicana en aceleradores de partículas*, México, UNAM/ CIICH, 2004, pp. 58- 59.

³⁴⁶ Citado en Miguel Ángel Sabadell, *La electrodinámica cuántica. Feynman. Cuando un fotón conoce a un electrón*, Madrid, RBA, 2012, pp. 32- 33

Condón, quien de forma irónica denostó el trabajo teórico al señalar que “Estudian cuidadosamente los resultados obtenidos por los experimentales y luego reescriben su trabajo en artículos tan matemáticos que resultan difíciles de leer incluso para ellos”.³⁴⁷

Las citas del párrafo previo muestran la poca aceptación que tenía la física teórica en los Estados Unidos. Lo cual resulta significativo en función del nuevo rol que tenía ese país, no sólo en el escenario político y económico, sino científico. A lo largo de la década de 1930 y ante la situación del ascenso de los totalitarismos en Europa, Estados Unidos, poco a poco, se convirtieron en el centro hegemónico de las ciencias naturales, así como de las humanidades. Esta dinámica se acentuó con la llegada de Einstein a ese país, a decir de Paul Langevin, el que Einstein se haya mudado a Estados Unidos “es un acontecimiento tan importante como podría serlo la mudanza del Vaticano al Nuevo Mundo. El Papa de la física se ha mudado de casa y Estados Unidos se ha convertido en el centro mundial de las ciencias naturales”.³⁴⁸ Es cierto que la afirmación del físico francés resulta un poco exagerada si se toma en cuenta que otros físicos de gran renombre continuaron en Europa; incluso la historiografía estadounidense recientemente ha mostrado que la física no surgió en Estados Unidos con la llegada de los físicos europeos, sino que ésta ya tenía cierta tradición en ese país.³⁴⁹

³⁴⁷ *Ibid.*

³⁴⁸ Citado en *ibidem*. Un texto que resulta importante señalar es el de José Manuel Sánchez Ron, “Las interacciones ciencia- sociedad a la luz de la relatividad y de su creador” en Silvio Bergia, Luis J. Boya, Karl von Mayenn, *et. al., op. cit.*, pp. 49- 86. En éste, el autor expone que Einstein no sólo tenía un papel científico, sino también propagandístico, función que el físico alemán utilizó para posicionarse por encima de sus pares científicos.

³⁴⁹ Omar Cruz Azamar, “La física de la energía en *The Physical Review*, 1941-1945” en *Saberes. Revista de historia de las ciencias y las humanidades*, vol. 5, núm. 2, 2019, pp. 19- 20.

Lo interesante de enunciar esta problemática es que presenta el marco en el que estaban insertos los físicos en el país. La exposición de esta dinámica permitiría explicar el funcionamiento que adquirió el asunto experimental. Si tomamos en cuenta que la ciencia mexicana vio en la ciencia estadounidense su horizonte de expectativa, es que podemos entender la importancia que tenía el laboratorio como parte esencial de los programas de investigación que surgieron en las ciencias básicas.

Esto significó dejar atrás el tradicional nicho europeo que la ciencia mexicana había tenido durante el siglo XIX. No obstante, la física que los científicos estaban construyendo hacia la primera mitad del siglo XX tenía un problema de suma importancia: su tradición estaba anclada en la ingeniería y no en la física misma o en todo caso en las matemáticas. Motivo que la acercó invariablemente a la física estadounidense. Prueba de ello es que previo a la existencia de la *Revista Mexicana de Física* (RMF), los trabajos de los físicos mexicanos se publicaban en revistas de tipo ingenieril como la *Revista Mexicana de Electricidad* (RME). El artículo de Sandoval Vallarta, *El desarrollo contemporáneo de las ciencias matemáticas y físicas en México*,³⁵⁰ publicado en esta revista es un ejemplo de esa circunstancia. Este texto que es una especie de estado de la cuestión de esas ciencias en México puso el acento en la poca tradición que éstas tenían en el país.³⁵¹

En este capítulo se entiende el concepto de tradición según lo define Hobsbawn, para quien la tradición es inventada e “implica un grupo de prácticas,

³⁵⁰ Tomado de Andrés Ortiz Morales, *op. cit.*, p. 207.

³⁵¹ *Ibid.*, p 45.

normalmente gobernadas por reglas aceptadas abierta o tácitamente y de naturaleza simbólica o ritual que buscan inculcar determinados valores o normas de comportamiento por medio de su repetición, lo cual implica automáticamente continuidad con el pasado”.³⁵² Lo cual refleja lo que pasó en la consolidación de la física en México, es decir, se hizo uso de la tradición como un elemento repetitivo que al evocar el pasado buscó consolidar los nuevos elementos que se estaban creando.

La ausencia de la tradición científica que Sandoval Vallarta había expuesto en el artículo puede ser entendida desde esta perspectiva. El físico mexicano evocó una tradición que se había instaurado en la ciencia estadounidense durante el último cuarto del siglo XIX y primeras décadas del XX, proceso del que incluso él fue participó. Sus referencias inmediatas fueron el MIT, la Universidad de Harvard y otras instituciones estadounidenses de la costa Este. Instituciones de las que extrajo su experiencia en la que estuvo inmerso en el momento fundacional de la física en el MIT. Lazarín Miranda sostiene que entre 1929 y 1933, la dinámica docente y de investigación se transformó de forma radical en la institución; en 1930 Karl Compton asumió la dirección y con él otros personajes, entre ellos Sandoval Vallarta, ocuparon lugares importantes en la investigación que realizaba la institución. El científico mexicano fue adscrito al departamento de Ciencias, lugar donde se

³⁵² Eric Hobsbawn, “Introducción: la invención de la tradición” en Eric Hobsbawn y Terence Ranger (eds.) *La invención de la tradición*, Barcelona, Crítica, pp. 20- 32.

investigaba sobre las dos teorías en boga en la física: la mecánica cuántica y la relatividad.³⁵³

Durante sus constantes visitas a México entre 1922 y 1936, Sandoval Vallarta no encontró estos elementos y argumentó sobre la inexistencia de una tradición científica. Aunque es claro que los físicos y matemáticos de mediados del siglo XX se encontraron con una situación difícil en el caso mexicano, esto no significaba la ausencia de un interés científico. A pesar de que México no contaba con seminarios establecidos como en Estados Unidos, las asociaciones de carácter literarios y científicos fueron una constante que fue retomada por los físicos mexicanos para la creación de una historia heroica de la ciencia mexicana.

Los científicos interesados en la física de mediados del siglo XX recurrieron a esas asociaciones para institucionalizarse a través de las relaciones y el lenguaje común. Razón por la cual, Sandoval Vallarta fundó un seminario sobre problemas científicos en la década de 1920. Con este antecedente en la década de 1950 vio nacer uno de los primeros grupos que se organizaron para hablar de astronomía desde la óptica de la física y la filosofía. Éste llevó por nombre Seminario de Problemas Científicos y Filosóficos fundado en 1955.³⁵⁴

³⁵³ Federico Lazarín Miranda, “Val y su presencia en el Massachusetts Institute of Technology. Docencia, investigación y vida cotidiana, 1917- 1946” en Federico Lazarín Miranda, Blanca Estela García Gutiérrez y Martha Ortega Soto (Coords.), *Manuel Sandoval Vallarta en su época. Relaciones sociales y culturales, influencias científicas y políticas*, México, UAM- I, Biblioteca de Signos, 2017, pp. 90- 94. Para el caso de la institucionalización de la física en Estados Unidos véase, Martin J. Klein, “El estilo científico de Josiah Willard Gibbs en Rutherford Aris, H. Ted Davis y Roger Stuewer (Comps.) *op. cit.*, pp. 129- 146.

³⁵⁴ Ángel Chávez Mancilla, “Entre ciencia y filosofía. La labor editorial del Seminario de Problemas Científicos y Filosóficos (1955- 1960)” en *Saberes. Revista de historia de las ciencias y las humanidades*, Vol. 3, Núm. 8, 2020, p. 149.

En este marco fundacional de la comunidad de físicos en México, estos no tenían un nicho propio, por lo cual era menester crear un espacio que a su vez creara un público que no existía, que no era necesariamente el mismo que el de los ingenieros y los matemáticos. Un caso que vale la pena recordar es el de los astrónomos, quienes al menos en las décadas de 1940 y 1950 fueron los más cercanos a la física. Como ya se mostró este hecho alejó a la astronomía mexicana de su campo descriptivo y la colocó cercana a la astrofísica. Este paso resultó definitivo con la instauración del OAT que dedicó sus esfuerzos a la astrofísica, dejando de lado la astronomía descriptiva.³⁵⁵

El cambio de modelo de investigación a su vez provocó cambios en las prácticas. El OAT buscó personas calificadas en áreas, como astronomía-física y mecánica celeste, que tiempo atrás no habían sido importantes.³⁵⁶ Los cambios que sufrió el Observatorio pueden ser explicados a través de la teoría de los paradigmas, al estilo de Kuhn. El nuevo modelo físico-matemático de la astronomía se había impuesto: el paradigma dominante a través de nuevos programas de investigación pudo hacerse patente en otras áreas como la misma física y sus modelos imperantes.

La dinámica que surgió en el OAT, es ejemplo de que las instituciones y las academias que estaban surgiendo en México se organizaban con características similares a los estadounidenses. La era en que la ciencia desarrollada en Europa dominaba el espectro mexicano poco a poco estaba quedando de lado. La ciencia

³⁵⁵ Jorge Bartolucci, *op. cit.*, p. 83- 85.

³⁵⁶ *ibidem*, p. 95.

estadunidense, sobre todo después de la década de 1920 tuvo un ascenso en su nivel académico y de investigación, y se volvió hegemónica en occidente después de la SGM.³⁵⁷ Es posible observar que diversas áreas de la ciencia básicas estaban modificando sus intereses, lo cual se relaciona con la poca importancia que tuvo la física teórica en Estados Unidos en detrimento de la práctica. Si el esquema que se ha presentado es correcto, se observa el poco impacto que tuvo la cuántica en su vertiente filosófica, que no en su complejo aparato matemático en función del interés eminentemente práctico de la energía nuclear.

En este esquema que se ha expuesto hasta este momento, se coloca la atención sobre el tipo de relación que se estaba forjando en la ciencia mexicana. La posición dominante de Estados Unidos sobre el continente americano, el cual consideraban su hemisferio de influencia natural, pasó de un poder duro a un poder blando. Estos conceptos fueron propuestos por Joseph Nye en la década en 1990 en el ámbito de la diplomacia para explicar la función y uso del poder de los países hegemónicos, específicamente el caso de Estados Unidos. En esta investigación se sostiene que la relación México, América Latina, y Estados Unidos, pasó por esta transformación a raíz de la política hemisférica del buen vecino en la década de 1930. Pasó de las intervenciones directas a intervenciones indirectas que corresponden a una relación cordial y de coexistencia pacífica.

³⁵⁷ Se usa el concepto de occidente con la finalidad de enunciar la preponderancia que tuvo Estados Unidos sobre los países que estuvieron en su esfera de influencia después de la Segunda Guerra Mundial.

El poder blando se entiende como la habilidad de obtener “lo que quieres a través de la atracción antes que a través de la coerción o de las recompensas”.³⁵⁸ Este modelo se ajusta a las pretensiones estadounidenses. Basta recordar la gran cantidad de instituciones científicas, fundaciones y universidades que otorgaron becas no sólo a los mexicanos, sino a latinoamericanos en general, para estudiar o especializarse en instituciones estadounidenses. Las fundaciones Guggenheim, Vanderbilt, Ford, Carnegie, Rockefeller, entre otras ocuparon un papel primordial en la promoción de los valores estadounidenses.

Este fenómeno generó atracción por la cultura, ideales políticos, simpatía por la política exterior y admiración por la ciencia que se desarrollaba en Estados Unidos.³⁵⁹ Los físicos mexicanos que regresaron a México después de haber estudiado en las prestigiosas instituciones estadounidenses, tuvieron el ideal de que algún día las instituciones mexicanas se acercaran al conocimiento generado en aquellas.

El caso de la beca Guggenheim es ejemplificador. Entre 1927 y 1962, trece científicos mexicanos recibieron recursos de parte de la fundación estadounidense para estudiar en alguna institución de educación superior de ese país. El primer estudiante mexicano de ciencias físico-matemáticas que recibió el apoyo Guggenheim fue Sandoval Vallarta en 1927 para ir a la Universidad de Berlín en donde realizó una estancia posdoctoral; incluso participó en seminarios con Albert

³⁵⁸ Joseph S. Nye, “Preface and Chapter five “Soft power and American foreign policy” en *Soft Power*, Public Affairs, Nuevo Hampshire, 2004, p. 128. Este autor sostiene que el poder blando siempre ha existido, aunque no hubiera un concepto para ese tipo de relaciones entre los Estados Unidos y otros países.

³⁵⁹ *Crf. Ibidem*, pp. 127- 147; Nicole Banes and Adriana Andrei, “Culture as Soft power in International Relations” en *International Conference Knowledge based organization*, Vol. XXI, núm. 1, 2015, pp. 32- 37.

Einstein, Erwin Schrödinger, y Werner Heisenberg. A este último lo invitó a dar una serie de conferencias en el MIT a instancias de sus jefes académicos.³⁶⁰ El segundo fue Alfonso Nápoles Gándara en 1930 en el campo de las matemáticas, quien estudió en el MIT, donde se especializó en cursos que no existían en México en esos años.

El primer físico-matemático formado en México a nivel licenciatura que obtuvo una beca fue Nápoles Gándara. Previó a que las ciencias básicas se constituyeran como el gran paradigma de la ciencia moderna, las fundaciones estadounidenses privilegiaban las humanidades y las artes. Por lo que la obtención de dicha beca resultó un parteaguas en la historia de la ciencia en América Latina.

En la década de 1920 y, decididamente, en la de 1930 debido a los beneficios económicos y militares que se hicieron patentes en las primeras décadas del siglo XX el apoyo de la Fundación Guggenheim se consolidó hacia las ciencias básicas.³⁶¹ Recibir el apoyo por parte de la Guggenheim no era fácil, de ahí que vale la pena resaltar quienes fueron los beneficiados. Los científicos mexicanos representaron entre 1930 y 1962, casi un tercio de los becados frente a sus pares latinoamericanos (véase cuadro 7).

Cuadro 7. Científicos mexicanos que obtuvieron la beca Guggenheim, 1927- 1962.

Nombre	Año	Campo de estudio
Manuel Sandoval Vallarta	1927	Física
Alfonso Nápoles Gándara	1930	Matemáticas
Alfredo Baños Jr.	1935/1936/1937/1957	Física
Carlos Graef Fernández	1938/1939	Matemáticas
Nabor Carrillo	1940/1941	Ciencias de la tierra

³⁶⁰ AHCMSV, sección personal, subsección correspondencia, serie científica, caja 20, expediente 35, carta de Samuel Stratton a Manuel S. Vallarta, 17 de febrero de 1926.

³⁶¹ Sebastián Rivera Mir, “La experiencia de los Centroamericanos becados en México (1922- 1928). Entre carencias, vida académica y propaganda revolucionaria” en *Revista Latinoamericana*, vol. 1, núm. 2, 2012, p. 189.

Jaime Lifshitz Gaj	1942/1943	Matemáticas
Alberto Barajas	1944	Matemáticas
Guido Münch	1944/1945/1958	Astronomía/Astrofísica
Paris Pismis de Recillas ³⁶²	1946	Astronomía
José Adem	1951	Matemáticas
Samuel Barocio Barrios	1956	Matemáticas

Fuente: elaboración propia con datos de <https://www.gf.org/fellows/all-fellows/#gf-search-submit-btn>
Consultada 14 de mayo de 2020.

Vale la pena enunciar que sólo se mencionan las que obtuvieron científicos mexicanos. Entonces del cuadro se desprende que, del área de ciencias básicas las disciplinas que obtuvieron una beca Guggenheim fueron matemáticas, física, astronomía y ciencias de la tierra. Esta beca promovió desde etapas muy tempranas de la ciencia moderna en México la relación entre los científicos del país; sin embargo, también incentivó su especialización en instituciones estadounidenses. Al mismo tiempo que generó lazos con científicos provenientes de América Latina, así como con homólogos estadounidenses, canadienses, algunos asiáticos y europeos. Sandoval Vallarta fungió como uno de los grandes impulsores de la Beca Guggenheim en México. Su apoyo resultó fundamental para que Graef, Rosembueth y Baños Jr. entre otros obtuvieran el prestigioso soporte económico.

A partir de la década de 1930 las fundaciones estadounidenses Ford, Carnegie y Vanderbilt, además de la misma Guggenheim exportaron a América Latina los valores estadounidenses a través de la educación de nivel superior. Los espacios intelectuales que dejaron los europeos después de la PGM los ocuparon poco a poco las instituciones estadounidenses. Éstas buscaron que en América Latina se

³⁶² Paris Pismis de Recillas, nacida en territorio armenio, contó con nacionalidad turca, en 1946 obtuvo la nacionalidad mexicana.

pasara del escritor popular³⁶³ al científico, intelectual y modernista que compartiera el amor por la libertad y todos los valores democráticos occidentales.³⁶⁴ Las fundaciones estadounidenses no eran la únicas que tenían interés intelectual en América Latina, pero si fueron las únicas que otorgaron becas en áreas de ciencias básicas.³⁶⁵

En los años subsecuentes hubo áreas de las ciencias básicas que predominaron en la selección de estudiantes originarios de países de América Latina. Las áreas que tuvieron un mayor número de estudiantes becados fueron matemáticas, química, astronomía, física, astrofísica y ciencias de la tierra. Esto demostró que había una gran tradición matemática de origen ingenieril en América Latina, a pesar de los prejuicios que tuvieran los estadounidenses de origen anglosajón, nórdico y alemán. De la Paz Ramos ha demostrado que la física como disciplina profesional comenzó como un interés de los ingenieros y las aplicaciones de las matemáticas en sus respectivas áreas entre 1910 y 1935.³⁶⁶ En el caso

³⁶³ Entiendo por escritor popular aquel que habla de situaciones locales o nacionales, casi siempre sus textos son de orientación política sin preocuparse por otras áreas de la vida pública. *Crf.*, Hilda Sabato, Nuevos espacios de formación y actuación intelectual: prensa, asociaciones, esfera pública (1850- 1900), en Carlos Altamirano, *Historia de los intelectuales en América Latina. La ciudad letrada, de la conquista al modernismo*, Madrid/ Buenos Aires, Katz Editores, 2008, pp. 387- 411. Esta caracterización resulta útil en el caso de la institucionalización, profesionalización y conformación de redes académicas en América latina y, específicamente, en el caso mexicano. Aunque el concepto es extraído de la historia política el concepto ejemplifica la transición de los nuevos actores científicos.

³⁶⁴ Jorge Myers “Introducción al volumen I. Los intelectuales latinoamericanos desde la colonia hasta el inicio del siglo XX” en Carlos Altamirano, *Historia de los intelectuales en América Latina...op. cit.*, p. 49.

³⁶⁵ Desde 1925 el Instituto Hispano Mexicano de Intercambio Universitario formaba parte de los intereses por crear lazos con España, tomando como base la historia cultural compartida entre gran parte de los países de América Latina y España; sin embargo, este instituto se enfocaba en artes y humanidades. Esta relación se rompió con la llegada de Franco al poder en España. *Vid.* Aimer Granados, “La emergencia del intelectual en América Latina y el espacio público: el caso de Alfonso Reyes” en *Procesos. Revista Ecuatoriana de Historia*, núm. 41, 2015, pp. 179, 189, 192- 195.

³⁶⁶ María de la Paz Ramos, “Los ingenieros promotores de la física académica en México (1910- 1935)” en *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, núm. 35, año 12, 2007, pp. 1241- 1265.

latinoamericano los países que tuvieron representantes fueron Uruguay con 3, Argentina con 12, Brasil con 8, Puerto Rico con 3 y Chile con 1 (véase cuadro 8).

Cuadro 8. Científicos latinoamericanos beneficiarios de la beca Guggenheim, 1930- 1963

Nombre	País	Año	Campo de estudio
Genaro Moreno García Conde	Chile	1931	Matemáticas
Ramón Enrique Gaviola	Argentina	1934	Física
Alberto González Domínguez	Argentina	1939	Matemáticas
Fernando Bueso Sanllehí	México/España/Puerto Rico	1940/1941	Física
Mario Schenberg	Brasil	1940/1941	Física
Armando Cobes	Puerto Rico	1942	Física
Rafael Aureliano Labriola	Argentino	1944	Química
Rafel Laguardia	Uruguay	1945	Matemáticas
Luis Santaló	España/Argentina	1947	Matemáticas
Víctor Manuel Blanco	Puerto Rico	1948	Astronomía
Candido Lima da Silva días	Brasil	1948	Matemáticas
Leopoldo Nachbin	Brasil	1949/1957/1959	Matemáticas
Simao Mathias	Brasil	1950	Química
Marcos Tschapek	Argentina	1950	Química
Mischa Cotler	Uruguay	1950/1952	Matemáticas
Manuel García Morín	Puerto Rico	1954/1955	Química
Carlos Otón Rüdiger	Polaco/Argentina/ Españ	1955	Astronomía
Günter Lumier	Alemania/Uruguay/ E.U.A/ Bélgica	1956	Matemáticas
Juan A. Mcmillan	Argentina	1958	Química
Guillermo A. Lacobucci	Argentina	1958	Química
Oscar Luis Galmarini	Argentina	1960	Química
Sergio Mascarenhas	Brasil	1960	Física
Elon Lages Lima	Brasil	1961/1963	Matemáticas
Juan Carlos Merlo	Argentina	1961/1962	Matemáticas
José Nelsón Onvich	Brasil	1961/1962	Matemáticas
Vicente G. Toscano	Brasil	1962	Química
Horacio Porta	Argentina	1963	Matemáticas
Jacobo Rapoport	Argentina	1961	Matemáticas

Fuente: elaboración propia con datos de <https://www.gf.org/fellows/all-fellows/#gf-search-submit> Consultada 14 de mayo de 2020

Las relaciones profesionales entabladas entre científicos mexicanos y latinoamericanos a partir de la obtención de la beca Guggenheim se dio a través de

intereses académicos, además de compartir instituciones y correspondencia científica.³⁶⁷ Ejemplo de ellas fueron las que surgieron entre Alfredo Baños jr., quien obtuvo la beca en cuatro ocasiones, tres de ellas consecutivas, y Víctor Manuel Blanco, astrónomo puertorriqueño, que se hizo acreedor a la beca en 1948. Una situación similar pasó con Alberto Barajas y Facundo Bueso Sanhellí, español-puertorriqueño de origen mexicano; Samuel Barocio Barrios y Mischa Cotler, uruguaya.

Las becas de esta fundación estaban disponibles para todos los campos de estudio. Eran requisitos para su obtención que todos los científicos latinoamericanos contaran con doctorado, hablaran inglés y fueran recibidos por un académico en alguna institución superior estadounidense. La línea de investigación a la que se postulara se integraría en un proyecto ya instaurado en la institución receptora.

Dentro del apoyo que las instituciones estadounidenses realizaron en México, la precaria situación de la física en México ocupó un lugar trascendental. La Universidad de Harvard y la fundación Guggenheim donaron equipo para instalar un laboratorio de mecánica de suelos en el recién inaugurado Instituto de Física. La donación fue en parte debido a la gestión y redes de apoyo con que contaron Alfredo Baños, Carlos Graef y Sandoval Vallarta. Este equipo determinó el tipo de investigación que se realizaría en los años subsecuentes. En el Instituto de Física resultó difícil llevar a cabo investigación sobre mecánica de suelos, razón por la que

³⁶⁷ <https://www.gf.org/fellows/all-fellows/#gf-search-submit-btn> Consultada 14 de mayo de 2020.

el material terminó en el Instituto de Geofísica; lugar que resultó adecuado para el material proveniente por las instituciones estadounidenses.

Hacia 1940 en México era difícil distinguir entre ciencia teórica y práctica; se entendía por ella, una sola. Eso sí, debía responder al modelo que el positivismo había influido en las disciplinas. La física de los siglos XVI y XVII había convertido a la naturaleza en su laboratorio, el cual podía ser descifrado a través de un lenguaje codificado de tipo matemático.³⁶⁸ No obstante, para acercarse a la nueva física no bastaba el laboratorio de la naturaleza, si ese fuera el caso aquella se hubiera quedado en el plano de los experimentos mentales.³⁶⁹ Esta situación hubiera puesto a la ciencia mexicana en una posición lejana a todo el conocimiento nuevo. El modelo que comenzó a dominar la ciencia era la física y, específicamente, dos áreas de la física que hegemonizaron el siglo XX: la mecánica cuántica y la física nuclear, a las que es posible añadir la investigación en rayos cósmicos.

La admiración que tenían los científicos mexicanos hacia el desarrollo de la ciencia estadounidense generó replicar e instaurar tradiciones de investigación. La física que se realizaba en los primeros años del Instituto es ejemplo de ello. En un principio la investigación del Instituto de Física se orientó hacia los intereses de Sandoval Vallarta. A pesar de que estaba en Estados Unidos hacia 1939, su rol

³⁶⁸ Bruno Latour, *op. cit.*, p. 34.

³⁶⁹ Ocupo el concepto de Experimentos Mentales como teorías universales, según lo utilizaron Popper y Kuhn. El primero dice que, ante la ausencia de la práctica, estos experimentos son cognitivamente válidos, mientras que el segundo considera que el uso de los Experimentos Mentales son los que impulsan el cambio de conceptos en la ciencia. *Cf.* Karl Popper, *La lógica de los descubrimientos científicos*, Madrid, Technos, 1977, pp. 47-52; y Thomas Kuhn, *La tensión esencial...op. cit.*, pp. 263- 289. Un artículo que sintetiza la importancia de este concepto en la historia de la ciencia es el escrito por Damián Islas Mondragón, “Ernst Mach, Karl R. Popper y Thomas Kuhn: Aportaciones al estudio de los Experimentos Mentales” en *Revista Portuguesa de Filosofía*, 2018, pp. 133- 150. Recuperada en <https://www.Jstor.org/stable/10.2.307/26405921>

hegemónico en la ciencia mexicana marcó el desarrollo de la investigación en torno a los rayos cósmicos.³⁷⁰

Continuar con esta tradición estaba en función de dos condiciones, por un lado, materiales y por el otro, humanas. Como se mostró en el capítulo 2 de esta tesis, el OAN, era la única institución en que se podía llevar a cabo una especie de investigación práctica; debido en parte a la naturaleza de la disciplina astronómica. En el caso de las humanas, hay que recordar que, a partir de Sandoval Vallarta, los siguientes físicos mexicanos al menos hasta mediados de la década de 1940, se acercaron de alguna manera a la investigación de los rayos cósmicos, influenciados, por supuesto, en su mentor.

El estudio de los rayos cósmicos fue la primera forma en que la física experimental contemporánea comenzó a practicarse en México. A través de su estudio se perfiló un trabajo entre diferentes actores científicos, algo que no se había logrado antes en la historia de la ciencia mexicana. Collazo y Herrera afirman que la comunidad de investigación en rayos cósmicos permitió “transitar de coautorías simples y relaciones de trabajo en grupo a estructura de interacciones en forma de red, además de convertirse, su objeto de estudio, en el primer tema de investigación de la física mexicana”.³⁷¹ Esta sentencia recuerda la relación que existía entre las instituciones estadounidenses y mexicanas. El interés por los rayos cósmicos no fue espontáneo, es posible rastrearlo, al menos, hasta 1922 con Joaquín Gallo en el

³⁷⁰ Fernando Alba Andrade, “MI vida y obra” en Javier Miranda, Esbaide Adem, Jorge Rickards, *Fernando Alba Andrade. El primer físico de la UNAM*, México, UNAM, 2010, p. 26.

³⁷¹ Francisco Collazo Reyes y Gerardo Herrera Corral, “Alfredo Baños: surgimiento de la física y la investigación académica en México”, en *Avance y perspectiva*, abril- junio 2008, p. 86.

OAN. Dicho interés continuó en la década de 1930.³⁷² No obstante, tuvieron mayor impacto a raíz de que la figura de Sandoval Vallarta se involucró con el tema desde Estados Unidos.³⁷³

Hay que recordar que tanto la física, la química y la astronomía comenzaron a requerir nuevos materiales de acuerdo con los paradigmas que emergieron en ellas. La nueva práctica de estas ciencias estaba mediada por equipar laboratorios que eran sumamente costosos; si a eso se suma que no eran materiales que se elaboraban en México el panorama lucía complicado para realizar prácticas. Hacia 1947, el mismo Sandoval Vallarta reconoció las carencias existentes, al decir que: “la física experimental, [...] requiere como se sabe de grandes laboratorios y enormes gastos, [y] está en muchos casos fuera de los recursos limitados de un país pequeño”.³⁷⁴ Es posible entender su aseveración a partir de sus experiencias en el MIT. El laboratorio no era necesariamente el lugar donde se replicaban experimentos, sino que era el espacio donde se privilegiaba la investigación, por lo que la física mexicana no cerró la posibilidad de hacer práctica desde la teoría. Bajo estos supuestos, la orientación de la ciencia mexicana estuvo en función de los intereses estadounidenses, aunque dentro de la misma academia hubo resistencias a esa imposición cultural.

³⁷² Fondo OAN, sección estudios astronómicos, subsección organizaciones, serie sol, caja 33- 34, 1927, expediente 295, s/f.

³⁷³ Adriana Minor García, “Manuel Sandoval Vallarta en la encrucijada entre México y Estados Unidos”, en *Ludus Vitalis*, Vol. XXIII, núm. 43, 2015, pp. 125- 149.

³⁷⁴ Manuel Sandoval Vallarta, “El desarrollo de contemporáneo de las ciencias matemáticas y físicas” en *Revista Mexicana de Electricidad*, noviembre, 1947, p. 38.

3.2 La física en México

Laudan propone que la interrelación entre distintas tradiciones de investigación produce una síntesis explicativa que va más allá de la inconmensurabilidad entre teorías. Lo que supone que hay que buscar los diálogos que se han hecho entre ellas y la manera en que dialogan es a través de grupos de investigación.³⁷⁵ La energía nuclear y la mecánica cuántica tendieron puentes desde el inicio, pues partieron de la misma renovación conceptual que tuvo la física en las primeras décadas del siglo XX.³⁷⁶ Esto significa que a partir de un conocimiento en el que se asume la resolución de una teoría desde las limitaciones de los elementos empíricos, sólo queda como solución la perspectiva conceptual.³⁷⁷ Los físicos mexicanos se acercaron a la ciencia pragmática desde condiciones materiales adversas que influyeron en los temas investigados. Sin embargo, al final tenían relación con las nuevas directrices de la física moderna.

El objetivo de los científicos mexicanos entre 1930 y 1950 era sentar las bases que dieron pie a la instauración de los saberes en instituciones sólidas. Misión que se habían puesto tanto los científicos y, en menor medida, las autoridades políticas y educativas. Parte de ese interés estaba en función de la institucionalización de la ciencia en la UNAM. Sin embargo, desde su fundación en 1936, el IPN se vio como un contrapeso de la Universidad, lo que no indica que esto fuera real, ya que conseguir ese papel fue más complicado.³⁷⁸

³⁷⁵ Larry Laudan, *op. cit.*, p.

³⁷⁶ “Entrevista con el Dr. Luis de la Peña” en *Revista Digital Universitaria*, vol. 12, núm. 4, p. 7.

³⁷⁷ Larry Laudan, *op. cit.*, pp. 11- 20.

³⁷⁸ Andrés Ortiz Morales, *op. cit.*, pp. 239- 250.

Ese contexto delimitó las condiciones en que trabajaron los científicos en México. Entre otras cosas, el conflicto fue sobre los conocimientos teóricos que se generaban en la Universidad y que se consideraban poco prácticos en la vida nacional. No obstante, en un país con pocos recursos materiales, además de pocos científicos capacitados en el ámbito práctico lo único que podía realizarse en México era ciencia teórica. Camino que se impuso durante los primeros años de la institucionalización, mientras se encontraban alternativas para la experimentación.

El distanciamiento entre la Universidad y el Estado mexicano trajo consecuencias en la forma en que se haría ciencia. El conflicto configuró una relación de la Universidad frente al gobierno que influyó en la investigación científica debido a que las condiciones de estabilidad económica de las instituciones y sus dependientes pasaba por los intereses del gobierno en temas que poco tenían que ver con el desarrollo de la ciencia en sí misma.³⁷⁹ Desde la fundación del IPN, el gobierno privilegió la educación tecnológica por encima de la universitaria. Prueba de ello es el constante incremento de los recursos asignados al IPN que hacia 1940 creció más que el de la Universidad, aun cuando el Instituto era pequeño en comparación con ésta en el número de carreras, estudiantes y docentes.³⁸⁰ Como es posible observar las condiciones para realizar ciencia en México eran complicadas.

Las condiciones laborales de los primeros científicos modernos en México resultaban escasas y precarias. Los científicos que se estaban yendo a formar en

³⁷⁹ *Ibidem*, pp. 142- 145.

³⁸⁰ *Ibidem*, pp. 168.

universidades e industrias estadounidenses, observaban con preocupación que la situación laboral en México no era idónea. Era común que, en los primeros años de la década de 1940, los docentes, entre los que se contaban respetados físicos, químicos y matemáticos, entre otros egresados de universidades estadounidenses, estuvieran en distintas instituciones. Alfredo Baños jr., Carlos Graef, Nabor Carrillo y Alba Andrade fueron docentes tanto en el Politécnico como en la UNAM; estos personajes son ejemplos de lo que ocurría en la década de 1930 y los primeros años de la década de 1940. Bajo estas circunstancias económicas, materiales y laborales, resultaba complicado realizar investigación. No resulta inverosímil afirmar que, durante los primeros años de la institucionalización de la ciencia moderna en México, la investigación fuera producto de una empresa casi personal.

Manuel Cerrillo Valdivia y Marietta Blau, ambos dedicados a la física, ejemplifican la falta de condiciones para la investigación en México. El primero estudió ingeniería mecánica y electricista, posteriormente pasó a ser profesor de la ESIME en 1932. A pesar de haber conseguido su adscripción como docente de tiempo completo de matemáticas y del laboratorio de física en 1934, en 1935 decidió ir a estudiar física teórica al MIT con una beca Guggenheim. No deja de ser curioso que Cerrillo Valdivia aparezca en el sitio de internet de la Fundación Guggenheim como estadounidense (véase cuadro 8) Una vez finalizado el apoyo de la fundación en 1939, Cerrillo Valdivia regresó a México. Juan de Dios Bátiz y Eugenio Méndez Docurro, ambos miembros del decanato del IPN, le propusieron brindarle un laboratorio. Este contaría con las condiciones necesarias para la investigación. No

obstante, la propuesta Cerrillo Valdivia regresó a Estados Unidos para realizar investigación en el MIT.

Por otro lado, está Marietta Blau, física de origen austriaco. Refugiada desde 1938 y recomendada por Einstein al gobierno mexicano y sus instituciones educativas. Blau fue asignada al IPN, lugar donde laboró durante casi 6 años. Sin embargo, debido a la inexistencia de condiciones para realizar investigación en física nuclear y física de partículas abandonó la institución. Entonces en 1944 decidió partir a Estados Unidos, donde trabajó en la industria hasta 1948. El escaso personal altamente especializado, además de las pobres condiciones materiales en ciencias de vanguardia, dieron como resultado que México fuera poco atractivo para el arribo de científicos europeos.

Lejos de ser anecdóticos, los casos de ambos personajes señalan la dificultad que existía en las instituciones mexicanas. En el IPN realizar investigación era aún más complicado que en la UNAM. A la escases de material de investigación hay que sumar que su estructura no estaba diseñada para llevarla a cabo. Su función esencial era formar a los próximos ingenieros que el país necesitaba para su transformación industrial, para lo cual la investigación no resultaba esencial.³⁸¹

Esta situación fue contradictoria en una institución que recibió a un gran número de refugiados españoles quienes se dedicaban a la investigación en sus antiguas instituciones. Los científicos del exilio español que llegaron al IPN constituyeron un crisol que incluía a médicos, fisiólogos, biólogos, químicos

³⁸¹ Max Calvillo Velasco, *op. cit.*, pp. 95- 96.

bacteriológicos, químicos farmacéuticos, físicos e ingenieros en electricidad.³⁸² La mayoría de ellos eran científicos altamente calificados que ante las condiciones que encontraron en México se dedicaron a enseñar en las escuelas técnicas y superiores del politécnico. La solución ante la precaria situación de la ciencia en México no necesariamente pasaba por la falta de recursos humanos calificados los cuales, existían. Entonces se sugiere que la inexistencia de condiciones materiales en las instituciones mexicanas era el mayor obstáculo que enfrentaba el país durante este periodo.

De la mano de la institucionalización física corrió otro proceso, igual de importante para la permanencia de la ciencia en México: la conformación de una comunidad científica mexicana moderna. La cual es la que perdura hasta la actualidad. La nueva generación de físicos, que corresponde al tercer cohorte realizado en el capítulo 2 (véase cuadro 4) hizo su aparición. Ésta fue instruida por los físicos, matemáticos e ingenieros adeptos a la Física- matemática de las décadas de 1920 y 1930. Esta tercera generación conformó una comunidad que no fue armónica, sino todo lo contrario, tuvo discordancias entre sus miembros y se constituyó con bases poco menos que científicas.

Las condiciones de los científicos mexicanos señalan que la ansiada institucionalización no terminó con la instauración de la carrera de física y del Instituto en la Universidad. Ésta era una tarea aún inacaba. Siguiendo la caracterización que ofrece Rodríguez-Sala, la institucionalización es “el proceso

³⁸² Silvia Mónica García Bernal, “Los maestros del exilio español en el Politécnico y sus aportaciones”, en Silvia Mónica García Bernal, *Los maestros del exilio español en el Instituto Politécnico Nacional*, México, 2012, p. 81.

mediante el cual se legitima una actividad [...]; cuando adquiere aceptación general, a través de aspectos prácticos y normativos”.³⁸³ Como es posible observar, los científicos en México no contaban con esos rasgos. Por su puesto, tampoco tenían el reconocimiento social y económico que conlleva el desempeño de una actividad científica en las sociedades occidentales en el siglo XX.³⁸⁴ Contar con el Instituto de Física, el único de su tipo en México no significó que en automático la ciencia fuese institucionalizada, por el contrario, trajo una serie de problemas: ¿Qué tipo de ciencia se realizaría en el Instituto? Y ¿Cuál sería el papel de los científicos en México? La física representaba la ciencia moderna y si México quería ingresar a la tan ansiada modernidad científica tenía que resolver esos problemas. La institucionalización de la ciencia física en México pasaba por el establecimiento de una comunidad organizada que hiciera uso de la ciencia para consolidar su posición.

Existen factores que permitieron el desarrollo de la investigación en las universidades mexicanas: el nivel de formación académica de los científicos, el liderazgo intelectual, la tradición, la experiencia y la estabilidad institucional. También forman parte de los requisitos, los materiales y recursos económicos.³⁸⁵ En el caso del Instituto de Física se estaban conformando grupos que tuvieran afinidad intelectual que se adecuara a las condiciones de trabajo existentes de índole económica y material. Wallerstein señaló que hubo elementos que explican el desarrollo de las ciencias después de la década de 1940 en todo el mundo. El

³⁸³ María Luisa Rodríguez- Sala Gómezgil, “círculos y canales de comunicación en el dominio de la ciencia” en *Revista Mexicana de Sociología*, vol. 39, núm. 4, 1977, p. 1366.

³⁸⁴ *Ibidem*, p. 1366- 1367.

³⁸⁵ María Luisa Chavoya Peña, La institucionalización de la investigación en ciencias sociales en la Universidad de Guadalajara” en *Revista de Educación Superior*, vol. XXXI, núm. 121, enero- marzo 2002, p.4.

primero fue el papel hegemónico que adquirió Estados Unidos al finalizar la SGM; el segundo, el crecimiento poblacional que hubo en todo el mundo y, finalmente, el crecimiento, consolidación y expansión del sistema universitario.³⁸⁶ Wallerstein elaboró este esquema para el desarrollo de las ciencias sociales. No obstante, estos elementos son compartidos por las disciplinas del área de ciencias naturales en el caso mexicano.

La creación del Instituto de Física provocó que en el escenario mexicano comenzaran a arraigar nuevas prácticas científicas; sobre todo aquellas que correspondían con el paradigma científico dominante, los cuales correspondían a la física en torno al átomo. Los nuevos practicantes de esa ciencia encontraron el marco con el cual funcionaba la disciplina. Eso significó conocer aparatos específicos y discursos hegemónicos sobre el quehacer y funcionamiento de la física.³⁸⁷ En términos de Kuhn, la formación de una masa crítica consolidaba una forma de vida de la disciplina en un momento histórico determinado.³⁸⁸

En 1937 inició clases la primera generación de físicos que se formaron en México (tercera generación en el cuadro 4). A diferencia de la generación que había transitado de las ingenierías hacia la física, la generación de 1937 ya contaba con referentes mexicanos reconocidos en el ámbito de la física. Adriana Minor ha señalado que, aunque Sandoval Vallarta tuvo un rol protagónico en la construcción de la ciencia mexicana, en Estados Unidos jugó un papel secundario, casi

³⁸⁶ Immanuel Wallerstein, *Abrir las ciencias sociales*, México, Editorial Siglo XXI, 1996, pp. 35- 39.

³⁸⁷ Jan Golinski, *Making Natural Knowledge: constructivism and the history of science*, Cambridge, Cambridge University Press, 1998, p. 284.

³⁸⁸ Thomas Kuhn, *op. cit.*, pp. 281- 298.

marginal.³⁸⁹ Vale la pena cuestionarse si esta situación se puede hacer extensiva hacia los otros personajes de la época de la fundación de la física en México, ya que existieron personajes que, inclusive, tuvieron roles menos importantes en universidades estadounidenses.

Este señalamiento invita a observar a los científicos mexicanos en Estados Unidos como parte del momento fundacional de la física en México. La construcción de la comunidad de la física en México se sustentó en un origen heroico. Contó con una literatura básica, ya no sólo de referentes lejanos como Planck, Schrödinger, Heisenberg o Einstein, sino que acercó a los estudiantes de la primera generación a referentes nacionales, quienes daban clases en las aulas de la UNAM y del IPN. Las imágenes de los físicos tienen múltiples significados como objetos con un valor cívico y de sentimiento nacional.³⁹⁰ La lectura de los héroes de la física, no sólo clásica, sino, ante todo moderna y nacional dotó de un lenguaje común a los físicos en formación; situación que resultaba esencial para la consolidación del dialogo científico. Esto dotaría de una identidad nacional científica, el caso de Cerrillo mostró que esa tarea era necesaria. Igual de importante resultó el surgimiento de prácticas y rituales dentro de la comunidad científica de físicos.³⁹¹

³⁸⁹ Adriana Minor García, *Cruzar fronteras. Movilizaciones científicas y relaciones interamericanas en la trayectoria de Manuel Sandoval Vallarta (1917- 1942)*, México, UNAM- CISAN/El Colegio de Michoacán, 2019, pp. 24- 31.

³⁹⁰ Krzysztof Pomian analizó la relación entre los objetos y los sujetos, la relación que surge entre ellos es parte de la construcción de la identidad en parte debido a que la relación nunca es unidireccional; es decir, el objeto tiene múltiples interpretaciones y significados, así que cada ocasión que se vuelve al objeto, un sujeto nuevo le dota un nuevo significado. *Vid.* Krzysztof Pomian, “Coleccionistas, aficionados y curiosos. París y Venecia, 1500- 1800” en Valentina Torres Septién (coord.), *Producciones de sentido. El uso de las fuentes en la historia cultural*, México, Universidad Iberoamericana/ CONACYT, 2002, pp. 133- 203.

³⁹¹ Stefan Pohl Valero, *op. cit.*, pp. 144- 145.

La conjunción de estos elementos proporcionó cohesión a los miembros de la disciplina científica. En la década de 1930, Sotero Prieto estableció un seminario donde se discutían temas de matemáticas y física teórica. Esfuerzo retomado por Sandoval Vallarta siguiendo el patrón de las pláticas a las que acudía en Estados Unidos. En ambos casos participaron Alfonso Nápoles Gándara, Mario Hernández Barrenechea y Alfredo Baños Jr.; misma situación ocurrió en la década de 1940 con Arturo Rosenblueth y el seminario sobre filosofía de la ciencia, al que acudieron algunos de los físicos y matemáticos de la época. Estos seminarios se apoyaron en la tradición formada por la Sociedad Alzate. De ninguna manera fueron casos aislados, este tipo de seminarios se realizaron de forma constante durante la década de 1940. A través de estos ejemplos se muestra que las comunidades mexicanas respondían a las características de la institucionalización de la ciencia moderna.

El científico en 1940 se alejó de la imagen clásica del sabio que estaba arraigada en la UNAM y, en general, en la educación superior. Los profesores universitarios en México a finales del siglo XIX y las primeras décadas del siglo XX se asemejaban a lo que Fritz Ringer ha caracterizado como mandarines, lo que indica que funcionaban como un grupo con intereses específicos que es posible identificar como una *intelligentsia* académica.³⁹² En Alemania, los docentes universitarios habitualmente eran de formación humanista y de ciencias sociales, frente a un escaso número de ciencias básicas. El primer grupo, poco a poco, perdió fuerza ante el empuje del segundo: los científicos provenientes de las ciencias

³⁹² Cfr. Fritz K. Ringer, *El ocaso de los mandarines alemanes. Catedráticos, profesores y la comunidad académica alemana, 1890- 1933*, en Barcelona, Ediciones Pomares- Corredor S. A., pp. 141, 157, 177.

naturales. Las diferencias entre ellos se configuraron en relación con los espacios de trabajo, campos de estudio, teorías y visión de política científica.

En el caso mexicano también es posible hablar de mandarines entre los científicos. Roderic Camp ha utilizado el concepto para caracterizar el tipo de organización que tuvieron distintos grupos con alguna posición central en el siglo XX. En el México de la década de 1940 no es fácil distinguir un grupo dominante en la ciencia; las condiciones de la época dificultan la caracterización de cada grupo. Los grupos que se conformaron en México durante la década de 1940 tienen como particularidad el número de vínculos que realizaron entre ellos: la familia, las instituciones educativas, la carrera, las organizaciones cívicas y las juntas corporativas.³⁹³

Para Camp los mentores juegan un papel esencial en la conformación de las élites. Según el autor, es a través del seguimiento de patrones establecidos que las generaciones jóvenes deciden seguir ciertas prácticas y rituales para acercarse a los grupos en el poder. Los grupos de científicos e intelectuales tienen esas similitudes. En ambos casos es posible localizar a sus mentores quienes fungen como influencia intelectual; un buen número de casos lograron que esos vínculos fueran más allá de la relación entre estudiantes y profesores. Camp afirma que este proceso se agudizó en las décadas de 1940 a 1960. Durante esos años comenzó

³⁹³ Roderic Ai Camp, *Mexico's Mandarins. Crafting a Power Elite for the Twenty-first Century*, Berkeley/Los Angeles/ Londres, University of California Press, 2002, p. 40.

una relación más estrecha entre el gobierno y los grupos de intelectuales y científicos.³⁹⁴

No es casual que El Colegio Nacional y los Premios Nacionales en Ciencia y Artes hayan sido instaurados en la década de 1940. Los científicos mexicanos buscaban convertirse en una élite que tuviera el reconocimiento del Estado. En función de ese objetivo constituyeron un grupo que no buscó confrontar al Estado, por el contrario buscaron beneficiarse de la estabilidad política que el régimen les proveía. Al acercarse a los intereses del Estado, los científicos se conformaron en un grupo que asumió que su misión era contribuir con la construcción del país.³⁹⁵

3.2.1 La física en instituciones de educación superior

Después de 1938 la ciencia en México pareció ir cuesta arriba. Los compartimientos de la ciencia comenzaron a establecerse. Las fronteras entre las áreas físico-matemáticas, las biológicas, las ciencias sociales y las humanidades se delimitaron de forma clara. A medida que el concepto de ciencia sufrió una transformación en el escenario educativo-científico mexicano las áreas tuvieron claro su objeto de estudio. La ciencia se entendió como aquello que “sólo puede estudiar lo tangible, lo que se puede observar, lo que proporciona datos y de ahí se puede llegar a predecir lo que puede suceder en cuanto a un proceso, pero sólo a partir de los datos tangibles”.³⁹⁶

³⁹⁴ *Ibidem*, pp. 26- 27; 46.

³⁹⁵ Alejandra Lajous, “Los premios nacionales de ciencias y artes: la consagración de una sociedad establecida” en Roderic Ai Camp, *Charles Hale y Josefina Zoraida Vázquez, Los intelectuales y el poder en México*, México/ Los Angeles, El Colegio de México/ Universidad de California, 1991, p. 610.

³⁹⁶ María Eugenia Alvarado Rodríguez, *op. cit.*, pp. 49, 53- 54 y 128.

Aunque la UNAM fue la primera, no fue la única institución de educación superior que tuvo su proceso de institucionalización de los saberes. Al mismo tiempo que la física se consolidaba otras áreas de la ciencia tuvieron una experiencia similar en esos años. Una prueba de esa institucionalización fueron los planes de estudio que las instituciones elaboraron para darles soporte curricular a los estudios. El caso de la Universidad Autónoma de Puebla (UAP) muestra que la profesionalización de físicos y matemáticos era un proceso en continua expansión. Los planes de estudio de esta universidad en las áreas de la física y las matemáticas se consolidaron desde 1951 fecha muy cercana a la UNAM, pero tenían sus antecedentes desde 1945. El papel de la UAP en la física mexicana debe reconocerse, debido a la pequeña planta de profesores con la que contaba en esa época.

La institucionalización de las escuelas de ciencias en México no fue un asunto exclusivo del centro del país. Ciertamente, la Ciudad de México fue el primer lugar donde la institucionalización se llevó a cabo; en parte por ser la región que atraía a los personajes con mayor nivel académico en función de su desarrollo económico y cultural. Esta situación era, hasta cierto punto normal, debido a que la UNAM con sus institutos de Física, Ciencias, Química y Matemáticas, aglutinó recursos económicos y humanos. Como se ha señalado en este capítulo esta departamentalización incentivó la instauración de tradiciones científicas. La UNAM tenía una organización por Institutos separados de las Facultades. Este modelo napoleónico de universidad que desvinculaba la docencia de la investigación fue el que siguieron otras instituciones mexicanas de educación superior. Si bien la

creación de nuevas instituciones hizo partícipe a diferentes estados de la república mexicana, el centro del país se convirtió en el núcleo hegemónico de las ciencias en México.

El Instituto de Física de la UNAM no fue el único caso, otros similares con sus características regionales fueron establecidos. Muestra de la dinámica institucionalista es que la Facultad de Ciencias Físico- Matemáticas de la UAP comenzó a trabajar en 1950; el Instituto de Física de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), en 1955; la Escuela de Física de la UASLP, en 1956; la Escuela Superior de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UM SNH), en 1961; y finalmente, en el mismo año, la Escuela Superior de Física y Matemáticas del IPN. Otras escuelas establecidas durante la década de 1960 fueron la Facultad de Física de la Universidad Veracruzana (UV) en 1962; la Escuela de Física de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) en 1964 y la Escuela de Altos Estudios de la Universidad de Sonora (UNISON) en el mismo año.

Aunque estos últimos tres ejemplos escapan a la temporalidad de esta investigación, el marco presenta la fiebre que existió por establecer escuelas de ciencias a lo largo del país. El esquema muestra el proceso paralelo que corrieron las ciencias físicas y las matemáticas a las que, posiblemente, se podrían añadir la química y la biología. Como es posible observar, el establecimiento de centros de trabajo enfocados en las ciencias físico- matemáticas se concentró en las instituciones del centro del país. En el benefició fue mayor en la medida que el norte y, en menor medida, el occidente y el golfo se vieron involucrados en la

institucionalización. A pesar de este avance, la UNAM era la única que en la década de 1950 podía otorgar grados académicos de Maestro o Doctor. Razón que invita a pensar que aquellos interesados, que no podían acceder a estudios en el extranjero auspiciados por el gobierno mexicano, su institución educativa, una institución estadounidense o apoyados en los recursos de su propia familia, no les quedaba otra opción, en caso de querer realizar estudios de posgrado, que acudir a la UNAM. Esta característica la dotó de recursos humanos de diferentes partes del país.

Su capacidad para hegemonizar el estudio de las ciencias básicas se debió en parte al desarrollo histórico de la región centro del país y de la misma universidad. Bajo esta lógica, se puede afirmar que los científicos de diferentes regiones del país en las décadas de 1960 y los primeros años de la década de 1970, pasaron por las aulas de la Universidad Nacional, ya sea a nivel licenciatura o posgrado. Esta condición persistió hasta que los Institutos o Escuelas de Física o Ciencias de otras Universidades conformaron sus propios planes de estudio en licenciatura o posgrado. En el mapa de la física que se diseñado llama la atención que la Universidad de Guadalajara, (UG) perteneciente a una de las regiones más importantes a nivel económico del país, tuviera su Escuela de Física hasta 1982.

3.2.2 La física en la Universidad de Puebla

El caso de la física en la Universidad de Puebla (UP) es interesante. Fue una de las instituciones que continuó la consolidación de las matemáticas y la física en México, inmediatamente después de la UNAM. En 1937 le fue otorgado por el gobierno del estado al Instituto Científico y Literario de Puebla el título de Universidad; en 1945 se instauran las carreras de física, matemáticas y química. En 1950 comenzaron a

trabajar en la Facultad de Ciencias de la UP; sin embargo, es hasta 1951 que se comenzó a impartir clases en ella. Para llevar a cabo esa actividad fue necesario que la UP reclutara a jóvenes egresados de la UNAM, quien en muchos casos sólo contaban con el grado de Licenciado en física. Algo muy común en la época.

El primer plan de estudios del área físico-matemáticas de la UP incluyó materias que presentaban tanto la física clásica como la física moderna (véase cuadro 9). Debido a las carencias infraestructurales en la Universidad de Puebla, el plan de estudios fue hecho para tres años; en él se omitieron todas las asignaturas correspondientes al laboratorio, por lo que en la práctica la formación era de un físico teórico. El plan era distinto del que tenía la UNAM desde 1939 con las modificaciones de 1941, 1942 y 1946, las cuales incluían todo el andamiaje teórico-matemático y práctico de laboratorios de física.³⁹⁷ Las condiciones materiales influyeron de forma decisiva en el tipo de físico formado en la institución. De tal suerte que la UP sólo otorgó el título de Físico especialista en teoría.

Cuadro 9. Plan de estudios de física en Universidad de Puebla, 1950

Primer año Cálculo Diferencial e integral Álgebra superior Mecánica y calor Electricidad y óptica Matemáticas y física moderna	Segundo año 2dos cursos de cálculo diferencial e integral Ecuaciones diferenciales Análisis vectoriales Análisis numéricos	Tercer año Introducción a la física teórica Electricidad, magnetismo y óptica Física atómica y cuántica Historia de la física
---	--	---

Fuente: Archivo Histórico Universitario de la BUAP (AHU-BUAP), fondo UAP, sección Escuela de ciencias físico matemáticas, serie Planes y programas de estudio, caja 1, exp. 42, 1950, foja s/n.

³⁹⁷ *Cfr.* Plan de estudios para la carrera de Físico aprobado por el Consejo Universitario, citado en María de la Paz Ramos Lara, *et. al.*, "La formación profesional del físico en la UNAM" en *Perfiles educativos*, vol. XXXIII, núm. 131, 2011, pp. 164, 166- 167, 169.

Del plan de estudios de 1950 se desprende que los fundamentos matemáticos eran exigentes. Esto con la finalidad de que, en el tercer año, los estudiantes se acercaran a los temas recientes en la investigación: la física atómica y la física cuántica. Según el plan, la intención era mostrar a los estudiantes un panorama general de la Historia de la física que incluía:

Postulados básicos de la teoría especial de la relatividad, transformación de Lorentz y sus consecuencias. Equivalencia entre masa y energía. Datos biográficos de Einstein y otros físicos. Hipótesis de Planck. Efecto fotoeléctrico. Mecánica ondulatoria de de Broglie- Schrödinger, Heisenberg, Dirac y las tendencias de la física contemporánea.³⁹⁸

La UP creció de forma acelerada; en 1956 le fue conferida la autonomía por parte del Congreso del estado, por lo que pasó a llamarse Universidad Autónoma de Puebla (UAP).³⁹⁹ Este cambio no sólo fue simbólico, sino que conllevó una mejora sustancial en el presupuesto estatal. El logro incluyó asignación de recursos para la construcción de instalaciones que beneficiaron a la Facultad de Ciencias y su instituto de investigación. En ese mismo año según los estatutos de la UAP para el funcionamiento de la Facultad se elaborarían nuevos planes de estudio. Se consideró que la institución poblana contaba con personal académico capacitado en todos los grados para mejorar el nivel de académico.

En 1961 se elaboró un nuevo plan de estudios que compartió materias con la carrera de Matemáticas y Electrónica, principalmente los laboratorios. Espacio en común entre las carreras de Matemáticas, Electricidad, Electrónica y Física (véase cuadro 10). En el programa de 1961, las asignaturas corresponden a una visión

³⁹⁸ Archivo Histórico Universitario de la BUAP (AHU-BUAP), fondo UAP, sección Escuela de ciencias físico matemáticas, serie Planes y programas de estudio, caja 1, exp. 42, 1950, foja s/n.

³⁹⁹ Fue hasta 1987 cuando el Congreso del Estado le otorgó la distinción de benemérita.

moderna de la física, que incluye Matemáticas, Astronomía, laboratorios de diferentes áreas y seminarios para la elaboración de tesis. Este último punto es interesante ya que en la UAP estuvieron algunos de los científicos que años después se convertirían en figuras importantes de otras instituciones de la Ciudad de México, es el caso de Víctor Ley Koo, Leopoldo García Colín y Francisco Medina Nicolau. Todos ellos miembros de una cuarta generación que gozó de una física establecida en el país. Sobre ellos se trabajará en el siguiente capítulo.

Cuadro 10. Programa para la carrera de físico de la Universidad Autónoma de Puebla (teórico) 1961.

Primer año	
Asignatura	Profesor
Cálculo I	Ing. Víctor Ley Koo
Álgebra	Ing. Octavio Sánchez Jiménez
Geometría Analítica	Ing. Octavio Sánchez Jiménez
Física general I	Prof. German Martínez Hidalgo
Físico química	Química Teresa Acosta Nava
Historia de la Física	Fis. José Antonio León Ponce
Segundo año	
Asignatura	Profesor
Cálculo II	Fís. Maricarmen A. de Espadas
Ecuaciones diferenciales	Ing. Joaquín Ancona Albertos
Electricidad y Magnetismo	Ing. Sergio Guillen
Física atómica	Dr. Francisco Medina Nicolau
Laboratorio de Física	Dr. José Merino Coronado
Cálculo vectorial y tensorial	Fís. Maricarmen A. de Espadas
Tercer año	
Asignatura	Profesor
Geometría diferencial	Ing. Luis Rivera Terrazas
Métodos matemáticos de la física	Fis. Srita. Ana Ma. Ochoa
Mecánica cuántica	Dr. Virgilio Beltrán
Electrónica	Prof. Rafael García García
Laboratorio de Electricidad	Dr. José Merino Coronado
Cálculo de probabilidades	Fís. Maricarmen A. de Espadas
Astrofísica	Prof. Rubén Nava Arias
Cuarto año	
Asignatura	Profesor
Física teórica	Dr. Arnulfo Morales Amado
Óptica geométrica y espectroscopia	Ing. Francisco José Linares
Calor, termodinámica y teoría cinética de los gases	Dr. Leopoldo García Colín
Laboratorio de electrónica	Dr. José Merino Coronado
Temas selectos de física	Dr. José Merino Coronado
Historia de la Física	Fis. José Antonio León Ponce

Radiaciones y física cristalográfica	Prof. Rubén Nava Arias
Seminario de física y dirección de tesis con trabajos de investigación originales	Dr. Francisco Medina Nicolau

Fuente: Archivo Histórico Universitario de la BUAP (AHU-BUAP), fondo UAP, sección Escuela de ciencias físico matemáticas, serie Planes y programas de estudio, caja 7, exp. 36, 1950, foja s/n.

La situación de la UAP demuestra que la institucionalización de los saberes en México era un proceso en continua expansión. No obstante, su carácter marcadamente centralizado, la ciencia básica poco a poco fue arraigando en México. La institucionalización de la física en esta universidad estatal fue producto del trabajo que comenzaron Luis Rivera Terrazas y Joaquín Ancona Albertos (véase cuadro 4). Ambos con formación de ingeniero civil, fueron personajes que impulsaron la fundación de la Facultad de Ciencias de la universidad poblana.

Rivera Terrazas estudió un posgrado en el Observatorio de Yerkes de la Universidad de Chicago; en tanto, Ancona Albertos fue rector de la Universidad de Yucatán entre 1935 y 1942. En la UAP, Rivera Terrazas fue el encargado de dar las clases de mecánica cuántica y física atómica en el primer plan de estudios.⁴⁰⁰ En tanto Ancona Albertos, además de impartir clases de cálculo en la Licenciatura de Física, desde 1963 fue promotor de la instauración de la carrera de física en la Universidad de Yucatán (UY). Tarea que lograría décadas más tarde, pero no como licenciatura, sino como Ingeniería Física.⁴⁰¹ Esto indica que el proceso autodidacta

⁴⁰⁰ Archivo Histórico Universitario de la BUAP (AHU-BUAP), fondo UAP, sección Escuela de ciencias físico matemáticas, serie Planes y programas de estudio, caja 1, exp. 39, 1950, foja 4.

⁴⁰¹ Juan Duch, *et. al.*, *Yucatán en el tiempo: enciclopedia alfabética*, Mérida, México, Inversiones Cares S.A de C.V., 1998, p. 17. <https://www.worldcat.org/title/yucatan-en-el-tiempo-enciclopedia-alfabetica/oclc/947254462?referer=di&ht=edition> Consultado 4 de junio de 2020; *Vid.*, https://www.ingenieria.uady.mx/nuestra-facultad_fi.php Consultado el 20 de octubre de 2020.

que ocurrió en la UAP hacia finales de la década de 1940 tuvo parecido con los primeros pasos de la Física en la UNAM en la primera mitad de la década de 1930.

3.3 Los físicos mexicanos en los congresos internacionales de Física

Una de las características relacionadas con el desarrollo científico durante el siglo XX fue el internacionalismo científico. Las relaciones construidas entre los científicos fueron el motor de los numerosos descubrimientos que hubo en el siglo XIX. Como se mostró en el capítulo 1 de esta tesis es imposible no relacionar la guerra de las corrientes entre Nikola Tesla y Thomas Alva Edison en Estados Unidos con los avances ingenieriles en las fábricas de Siemens en Alemania y el desarrollo teórico de la electricidad de la mano de Maxwell en Escocia e Inglaterra y algunos escenarios de Europa central en el último tercio del siglo XIX. Este fenómeno siguió, casi, sin alteraciones hasta el inicio de la primera Guerra Mundial en 1914. Los cuatro años de duración del conflicto dejaron tras de sí, además de diecisiete millones de muertos, campos desolados y economías devastadas, una ruptura entre la comunidad científica internacional. Los científicos alemanes, entre los que se cuentan físicos, químicos y matemáticos de primer orden, sin olvidar a los especialistas de otras áreas del conocimiento, se vieron excluidos de manera abrupta de los circuitos científicos. Este el escenario internacional que había en la ciencia en el periodo que los físicos mexicanos comenzaron a prepararse en las instituciones estadounidenses.

Los congresos científicos en América son ejemplo de la importancia de Estados Unidos en el desarrollo de la ciencia continental. El primero fue en 1898 y llevó el nombre de Congreso Científico Latinoamericano, el cual tenía la cualidad de

sólo tener representantes latinoamericanos. Sin embargo, en 1909 el nombre cambió a Congreso Científico Panamericano. Este cambio propició confusiones en su numeración. En algunas ediciones posteriores continuaron la numeración registrada desde el evento de 1898, mientras que otras comenzaron a registrarlas nuevamente a partir del Congreso de 1909.⁴⁰² Dentro de la temporalidad de esta investigación, la confusión se dio en dos eventos, el de 1935 (analizado en el capítulo 2) llamado tercer Congreso Científico Panamericano y séptimo Congreso Científico Latinoamericano; y el de 1940, cuarto Congreso Científico Panamericano y Octavo Congreso Científicos Latinoamericano.

El evento de 1909 significó un cambio en la organización de los congresos científicos; la entrada de Estados Unidos como un actor de primer orden modificó la relación de la ciencia en América. Washington se convirtió en la nueva capital de la ciencia americana a partir de ese año. Su capacidad económica y de organización para albergar el evento sin contratiempos y su estabilidad política fueron los argumentos esgrimidos para que la capital estadounidense fuera elegida en diferentes ocasiones. Las temáticas eran dominadas por expositores de Estados Unidos, mientras que los científicos latinoamericanos quedaron relegados a actores de segundo orden. Los eventos posteriores bajo la bandera del panamericanismo sentenciaron el tipo de relación asimétrica entre la ciencia generada en América Latina y Estados Unidos; la primera subordinada a la segunda en los años venideros.

⁴⁰² Leonardo Estrada Calva, *Las relaciones Estados Unidos y América Latina en los foros panamericanos (1933- 1948)*, Tesis para obtener el grado de Maestro en Relaciones Internacionales, México, UAM- X, 2016, p. 140.

La integración de los científicos mexicanos en los circuitos académicos no es un fenómeno exclusivo del siglo XX. Durante el siglo XIX hubo eventos que los científicos mexicanos utilizaron en la búsqueda de insertarse en las redes científicas. La astronomía y la antropología son dos áreas que durante ese siglo tendieron sus lazos hacia otras áreas geográficas. La exploración que hizo una delegación mexicana a Japón en 1867 para observar el tránsito de Venus en el arco solar es un ejemplo de que el interés era constante.⁴⁰³ mientras que, para la segunda la influencia de las tendencias teóricas y prácticas fueron un lazo entre la antropología europea y la mexicana.⁴⁰⁴ Bajo este marco se puede afirmar que fue durante el siglo XIX que esta situación arraigó y se consolidó entre los científicos mexicanos. No se puede hablar de esfuerzos aislados de la generación de los físicos de la primera mitad del siglo XX, aunque eso no evita señalar que los vínculos creados a partir de sus esfuerzos académicos generaron dinámicas que previo a su generación no existían y, por lo tanto, merecen ser señaladas ya que estaban en función de una ciencia completamente nueva en el escenario mexicano.

Los físicos mexicanos de la generación que configuró las instituciones científicas mexicanas estaban envueltos de manera invariable por el contexto señalado. Aunque la situación no fue permanente y cambió con los años, tanto que, hacia finales de la década de 1920, los físicos mexicanos tuvieron intercambios académicos con físicos alemanes y austriacos; sin lugar a dudas los que detentaban

⁴⁰³ Este tema ha sido estudiado de forma constante por Marco Arturo Moreno del Corral. Para ampliar el tema de la astronomía en el siglo XIX, vid., María de la Paz Ramos Lara y Marco Arturo Moreno del Corral (coords.) *La astronomía en México en el siglo XIX, colección Ciencia y tecnología en la historia de México*, México, UNAM, 2010.

⁴⁰⁴ *Vid.*, Miguel García Murcia, *op. cit.*

el conocimiento de vanguardia en las primeras décadas del siglo XX. Este hecho contribuyó en la conformación de saberes académicos, pero, ante todo, en la construcción de un ideal de ciencia, ya fuera matemáticas, física o química, áreas, además de las humanidades, donde las universidades de Europa central tenían ventaja sobre sus vecinos europeos y los mismos Estados Unidos. Esta situación puede afirmarse dado que los mismos científicos estadounidenses tenían como parte de su horizonte de expectativa a la ciencia europea, y especialmente la alemana.

El nuevo orden científico instaurado en la década de 1940 sustituyó a la política del Buen Vecino de la década de 1930. El transnacionalismo científico surgido a partir de la política del poder blando confirmó que el internacionalismo científico, que fue el modelo existente previo a la SGM, fuese desechado como parte del nuevo orden mundial. Ahora la supremacía científica y tecnológica estadounidense se haría visible a todos los países del orbe.⁴⁰⁵ Sin embargo, “el transnacionalismo puede bien ser una forma de imperialismo; el mundo transnacional puede bien emerger de fenómenos muy desagradables como el poder americano y el excepcionalísimo americano.”⁴⁰⁶

La SGM fue un evento que modificó la trayectoria que tenía la ciencia en México, Minor García afirma que “fue una situación de emergencia excepcional la Segunda Guerra Mundial la que obligó a Sandoval Vallarta a renunciar a su

⁴⁰⁵ George A. Reisch, “La desilusión de posguerra, el antiintelectualismo y el debate acerca de los valores” en *Cómo la Guerra Fría transformó la filosofía de la ciencia. Hacia las heladas laderas de la lógica*, Buenos Aires, Universidad de Quilmes, 2005, pp. 183- 204.

⁴⁰⁶ John Krige, “Introduction: Writing the Transnational History of Science and Technology” en John Krige, (editor), *How Knowledge Moves. Writings the Transnational History of Science and Technology*, Chicago/Londres, The University of Chicago Press, 2019, p. 3.

identidad híbrida y resignificarse para una sola nación”,⁴⁰⁷ desde esa perspectiva la figura del físico mexicano alcanza una imagen de gran renovador de la ciencia mexicana, lo que marca una antes y un después de su regreso. No obstante, su retorno no incentivó el espíritu científico en México, pero lo dotó de la imagen de un científico de primer orden, formado en las mejores instituciones. Hecho que contribuyó a mejorar la imagen de México hacia la comunidad científica internacional. Un ejemplo de esta situación fue el rol que tuvieron los físicos mexicanos en Simposios y Congresos.

3.3.1 Simposio de Física de Brasil

El Simposio de Física en Brasil, auspiciado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y llevado a cabo en Sao Paulo y Río de Janeiro, refleja el tipo de conexiones que se dieron entre los científicos mexicanos y sus pares continentales. El evento organizado entre el 15 y el 28 de junio de 1952 contó con 75 físicos. Bajo el patrocinio del Consejo Nacional de Investigaciones del Brasil. Estuvieron I. I. Rabí, H. L. Anderson, S. de Benedetti, Martin Deutsch, R. G. Herb, D. W. Korst, John y Leona Marshall y E. P. Wigner, I. Escobar, Frans, Gans, Bemporad, Y. Galloni, Moliere, Bonhoffer, Harteck, Watagin, Camerini, Occhialini, Lattes, Leite Lopes, Tiomo, Schutzer, Gross, de Sousa Santos, Costa Ribeiro, Bohm, Fialho, Sala, Silva, Goldemberg, Alba, Alejandro Medina, Moshisky y Sandoval Vallarta. No obstante, el elenco que se había conformado se lamentaba la ausencia de Richard Feynman.⁴⁰⁸

⁴⁰⁷ Adriana Minor, “Manuel Sandoval Vallarta. The Rise and Fall of Transnational Actor at the Crossroad of World War II Science Mobilization” en John Krige, *op. cit.*, p. 229.

⁴⁰⁸ Manuel Sandoval Vallarta, “El Simposio de Física en el Brasil” en *Revista Mexicana de Física*, vol. I, 3, 1952, pp. 204- 205.

En ese momento Feynman era quizá el físico más reconocido en el área de la mecánica cuántica y también un antiguo alumno de Sandoval Vallarta en el MIT. Desde 1949 Feynman había alcanzado fama mundial con su artículo “Space- Time approach to Quantum Electrodynamics”,⁴⁰⁹ donde se preocupó en la interacción de dos electrones.⁴¹⁰ Ese artículo resulta importante en la historia de la física y específicamente para la mecánica cuántica debido a dos elementos: el primero es que introduce el concepto de electrodinámica⁴¹¹ en el campo de investigaciones de la mecánica cuántica; la segunda, porque fue la primera vez que un científico estadounidense realizaba una contribución de primer orden a la teoría, después del aporte de Carl David Anderson en 1932, cuando accidentalmente descubrió el positrón.⁴¹² Hasta ese momento la mecánica cuántica había sido terreno, casi exclusivo de los científicos europeos. La mención de este físico en una revista mexicana y en un Simposio organizado en América Latina denota el interés y el conocimiento que los físicos de esta región del mundo mostraban hacia teorías que en Estados Unidos no tenían aceptación del todo.

El simposio contó con 60 trabajos de investigación, además de conferencias que centraron su atención en diferentes temas de física. El resumen elaborado para la RMF menciona que los temas iban desde física nuclear hasta radiación cósmica, pasando por dieléctricos, circuitos eléctricos, aceleradores y física teórica. Aunque

⁴⁰⁹ Richard P. Feynman, “Space- Time approach to Quantum Electrodynamics” en *Physical Review*, vol. 76, núm. 6, 1949, pp. 769- 789.

⁴¹⁰ Miguel Ángel Sabadell, *op. cit.*, pp. 55- 57.

⁴¹¹ Es el área de la física que estudia la relación entre la electricidad, el magnetismo, la luz y la materia. *Vid.*, David Kaiser, “La física y los diagramas de Feynman” en *Investigación y Ciencia*, 2005 consultada en PDF <http://web.mit.edu/dikaiser/www/Fds.AmSci.Spanish.pdf>

⁴¹² Miguel Ángel Sabadell, *op. cit.*, pp. 60- 61.

lamentablemente no se tiene registro pormenorizado de cada uno de los trabajos y conferencias presentados, si se sabe que I.I Rabi y Cesar M. G. Lattes se encargaron del tema de física teórica; el tema de los aceleradores estuvo a cargo de R. Gans. Finalmente se señala que los trabajos de física teórica tuvieron una línea que se interesó en la mecánica cuántica y las conferencias corrieron por parte de G. Wataghin, E. P. Wigner, Medina, Tiomo, Schüter y Sandoval Vallarta.⁴¹³

Hasta este momento ha sido posible observar una larga lista de nombres que en algunos casos sobresalían a nivel internacional, así como los temas en que se centró el evento. El resumen resalta la importancia que había adquirido Brasil a nivel continental en temas de física teórica y experimental, a tal grado que Sandoval Vallarta señala que Brasil sólo estaba detrás de Estados Unidos y Canadá.⁴¹⁴ No deja de ser relevante que se indicará que los avances científicos en el país sudamericano tuvieron que ver con los militares y la Universidad de Sao Paulo. El autor señala que los laboratorios de esa misma universidad, el del Centro de Río de Janeiro y el del Instituto Nacional de Tecnología tenían placas nucleares, un betatrón de 100 Mev, un generador electrostático y un sincrotrón de 450 Mev.⁴¹⁵

3.3.2 Quinto Congreso Internacional de radiación cósmica, 1955

Entre el 5 y el 12 de septiembre de 1955 la ciudad de Guanajuato fue la sede del Quinto Congreso Internacional de Radiación Cósmica. El evento fue organizado por la Unión Internacional de Física Pura y Aplicada (IUPAP), la SEP, el Instituto

⁴¹³ Manuel Sandoval Vallarta, “El Simposio de Física en el Brasil” en *Op. Cit.*, p. 205.

⁴¹⁴ *Ibid.*, p. 206.

⁴¹⁵ *Ibid.*, p. 207.

Nacional de la Investigación Científica (INIC), la UNESCO, el Gobierno de Guanajuato y la Universidad del Estado de Guanajuato (UEG).

Es importante resaltar que por primera ocasión un evento sobre física fuera en un lugar distinto a la UNAM y el OAT. La UEG fue la primera institución en otro estado del país después de la UNAM que contó con un Acelerador Van de Graff en 1961. Esta situación se inscribe dentro del interés existente por parte de los distintos niveles de gobierno, tanto a nivel federal y estatal, por la descentralización de los saberes hacia otras regiones de la república.

Los cuatro congresos anteriores se habían llevado a cabo en Cracovia, Polonia en 1947; Como, Italia, 1949; Bombay, India, 1951 y Bagnères De Bigorre, Francia, 1953. Se puede presumir que la figura de Sandoval Vallarta fue un elemento determinante en que México fuera seleccionado sede en 1955. Su recorrido por América Latina, entre Brasil, Argentina, Perú, Uruguay y, por supuesto, México, lo convirtió en una especie de emisario de la ciencia en el primer lustro de la década de 1940. En el Congreso estuvieron presentes noventa delegados de distintos países: Brasil, Canadá, Estados Unidos, España, Francia, Alemania, Holanda, India, Inglaterra, Israel, Italia, Jamaica, Japón, México, Noruega, Suecia, Tasmania y la URSS. Por parte de México estaban Sandoval Vallarta en su calidad de Subsecretario de Educación; Torres Gómez, Rector de la Universidad de Guanajuato; Marcos Moshinsky, José Merino y Coronado, Ruth Gall, Gustavo del Castillo y López Marín, todos ellos físicos, y los astrónomos: Guillermo Haro y Paris Pishmish de Recillas.

Durante los días que duró el evento los temas fueron diversos. El día 6 de septiembre: “Sobre los efectos geomagnéticos por parte de Sandoval Vallarta” y “Albedo de la radiación cósmica en campo del dipolo y cuadripolo terrestres” de Ruth Gall fueron las únicas conferencias por parte de la delegación mexicana.⁴¹⁶ Los días posteriores las conferencias estuvieron a cargo de físicos y astrónomos de otros países; Gall destaca la presencia del físico inglés Blackett, ganador del premio Nobel y ser el mejor investigador de ese entonces en el campo de los rayos cósmicos.⁴¹⁷ Algunos otros temas que se abordaron fueron “Medidas de neutrones en la región de baja energía” de Simpson, “Sobre los núcleos pesados de la radiación cósmica de Gottstein, pasando por la conferencia de McDonald sobre “La radiación nueva y blanda a gran altura en latitudes nórdicas”

Realizar una lista de todas las ponencias en este punto es poco práctico. Sin embargo, es importante relacionar la importancia de los rayos cósmicos en la nueva física. Al igual que en el punto anterior, el hecho de que Carl D. Andersson descubriera la existencia del Positrón en 1932 lo relaciona con la teoría cuántica.⁴¹⁸ El nuevo lenguaje matemático de la física estaba en función de la revolución iniciada por Planck. Ni la mecánica cuántica, los rayos cósmicos y ni la teoría atómica tenían lenguajes aislados, sino que los compartían, por lo que el desarrollo de estas áreas de iba de la mano de toda la construcción del lenguaje físico.⁴¹⁹

⁴¹⁶ Ruth Gall, “Informe sobre el Quinto Congreso Internacional de Radiación Cósmica” en *Revista Mexicana de Física*, vol. IV, núm. 4, 1955, p. 239.

⁴¹⁷ *Ibid.*

⁴¹⁸ Mario Aguilar Benítez de Lugo, “Cien años de Rayos Cósmicos” en *Revista Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, vol. 105, núm. 1, 2011, p. 113.

⁴¹⁹ *Ibidem*, p. 115.

3.3.3 Asamblea conjunta de la Sociedad Mexicana de Física y la American Physical Society, 1961.

Uno de los casos más interesantes es el que corresponde al año de 1961. En este momento ya es posible hablar de comunidades científicas consolidadas en el país. Por supuesto no se puede generalizar. En las ciencias sociales y las humanidades, María Luisa Rodríguez afirma que estas alcanzaron su institucionalización hasta la década de 1970.⁴²⁰ Este contraste entre la institucionalización de las academias de las ciencias básicas, las sociales y las humanidades sobre sale, sobre todo si toma en consideración que las segundas tenían un elevado prestigio en la segunda mitad del siglo XIX y las primeras décadas del siglo XX frente a las ciencias básicas. Esto permite presentar la asamblea conjunta entre la SMF y la American Physical Society (APS) de 1961.

Ignacio Chávez, Fernando Alba Andrade y Frederick Seitz fueron los encargados de dar las palabras de bienvenida por parte de la UNAM, la SMF y la APS, respectivamente. La Asamblea se desarrolló entre el 22 y el 24 de junio y contó con más de 100 participantes de parte de ambos países. Para su realización se utilizaron diferentes auditorios del campus universitario: el de Ciencias, Ingenierías, Escuela de Química y el de la Torre de Ciencias. Como es fácil suponer, en estos eventos de tipo internacional los trabajos fueron presentados en su mayoría en inglés; el idioma generalizado de las ciencias básicas, y tenían 10 minutos para su explicación.

⁴²⁰ María Luisa Rodríguez- Sala Gómezgil, *op. cit.*, p. 1366

A diferencia del Simposio y el Congreso previo donde la información es aún escasa, en éste se cuenta con toda una memoria. El encargado de redactarla fue Moshinsky, quien de forma un tanto aleatoria resume algunos trabajos, mientras que otros sólo son señalados. Esto bien puede responder a los intereses personales del entonces director de la RMF y los encargados de traducir y transcribir los trabajos: F.M. Medina, A. Mondragón, E. Muñoz, D. Navarro y C. Ruíz. Sin embargo, en las reseñas de algunos escritos se menciona una serie de grupos de trabajo tales como el grupo de Bruselas. En el que ya sobresalía la figura de I. Prigogine, quien trabajaba sobre mecánica estadística, tema trascendental para la comprensión de la mecánica cuántica.

Los temas tratados en esta asamblea centraron su interés en los rayos cósmicos, física nuclear y mecánica cuántica. Una forma en la que resulta posible acercarse a los textos que se presentan en esta memoria es a través de rastrear conceptos propios de la mecánica cuántica: Probabilidad, entendida como el azar en un proceso natural; Estado, el cual es la descripción matemática de la probabilidad; Contexto, el cual depende de las circunstancias en las que se realiza el experimento; Complementariedad, ésta refiere a contextos que se complementan entre sí; Indeterminación, se identifica como las diferentes magnitudes y estadísticas en la mecánica cuántica; y finalmente, Frontera difusa, que se interesa por el tipo de aparato que se usó en conceptos de la física clásica y cuántica.⁴²¹

⁴²¹ Crf. Glauco Cohen F. Pantoja, Marco Antonio Moreira y Victoria Elnecape Hercovitz, “La enseñanza de conceptos fundamentales en Mecánica Cuántica para estudiantes” en *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, vol. 9, núm. 1, 2012, pp. 22- 39; Diederick Aris, “La mecánica cuántica y la conceptualidad: materia, historia, semántica y tiempo” en *Scientia Studia*, vol. V, núm. 1, pp. 75- 99, y el video La mecánica cuántica y sus distintas interpretaciones, dentro del ciclo de conferencias Historia y Filosofía de

La revisión de la memoria de la Asamblea bajo estos conceptos permite encontrar una serie de trabajos que hacían mención de elementos que componen a la mecánica cuántica. Entonces los conceptos de positrón, isospín, orbitales energéticos, probabilidad molecular, los efectos de diferentes magnitudes captan la atención. Una ponencia que sobresalió fue el intitulado “Estudios en campos intensos de la superconductividad” de R.D. Blaugher, Martin Company, J. K Hulm y A. Taylor.⁴²² Tema resultaría uno de los ejes principales de la investigación en la mecánica cuántica en las siguientes décadas. A pesar de que la teoría cuántica estaba consolidada hacia 1960 y no había nadie que en ese momento se atreviera a descartarla como parte de la física, una de sus falencias era que no parecía haber una aplicación práctica para ella. En 1961 el físico alemán Claus Jönsson comprobó experimentalmente la dualidad onda- corpúsculo que hasta entonces era sólo un experimento mental de la mecánica cuántica. Tanto el artículo como la comprobación experimental tenían en común lo que sería el tema en el que se centraría la mecánica cuántica: la superconductividad.

El trabajo sobre superconductividad no fue el único presentado en la Asamblea que se centró en la mecánica cuántica. La ponencia de N. Cabrera y E. Kinzer de la Universidad de Virginia, “Colisión de átomos con superficies cristalinas”. Esta presentación se interesó en “La conversión de energía cinética vibracional del sólido, se ha estudiado en modelos unidimensionales continuos y discretos y para incidencia normal y oblicua [...] Finalmente se harán notar los casos límites en

la Ciencia organizado por el Instituto de Nanosistemas -UNSAM,
<https://www.youtube.com/watch?v=GTPXIDSGGJK>

⁴²² “Memoria” en *Revista Mexicana de Física*, vol. X, núm. 1 y 2, p. 13.

donde la mecánica cuántica dé resultados diferentes que la mecánica clásica”.⁴²³

Las investigaciones presentadas muestran que a pesar de que la mecánica cuántica tenía un retraso en el área experimental frente a otras áreas de la física moderna con las que compartía una epistemología, el desarrollo tecnológico y nuevas rutas de investigación habían permitido encontrar usos prácticos a la teoría cuántica.

Las ponencias transcritas en la memoria tienen un lenguaje alejado de la física de tipo ingenieril que se hacía en México a principios del siglo XX. La formación que los físicos mexicanos habían recibido en instituciones estadounidenses, tuvo repercusiones con la conformación de especialistas capaces de decodificar el lenguaje físico. El lenguaje utilizado muestra lo que a lo largo de este capítulo se ha hecho explícito: el lenguaje de una ciencia es una forma de configurar una comunidad científica.

Otro trabajo reseñado fue el de E.J. Schremp, “Acerca de los números imaginarios en la mecánica cuántica”.⁴²⁴ En él se mostró la relación entre los aparatos, propios de la lógica- matemática de “la teoría especial de la relatividad y la mecánica cuántica”.⁴²⁵ El autor se propuso presentar “Un criterio básico para distinguirlos” algo que según él “aparentemente no había sido notado hasta ahora”.⁴²⁶ Este texto permite resaltar nuevamente la relación invariablemente estrecha entre ambas áreas de la física. La presentación que realizó A. Kyrala intitulada “Una teoría unificada del electromagnetismo y la dinámica”⁴²⁷ resultó ser

⁴²³ *Ibidem*, p. 14.

⁴²⁴ *Ibidem*, p. 46.

⁴²⁵ *Ibid.*

⁴²⁶ *Ibid.*

⁴²⁷ *Ibidem*, 47.

un esfuerzo por cumplir uno de los anhelos de la física moderna: obtener “una traducción a la mecánica cuántica de la teoría unificada electromagnético-dinámica”.⁴²⁸ Este intento fue similar al de Peter Rastall de la Universidad de la Columbia Británica, quien se propuso demostrar “que la electrodinámica se puede cuantizar de una manera directa si uno primero modifica ligeramente las ecuaciones”.⁴²⁹

La sesión K del día 23 tuvo la temática de partículas extrañas; ese día bajo la presidencia de Fernando Prieto, se presentaron investigaciones que tenían como eje central a las partículas atómicas. Los protones, antiprotones, mesones, spin y muones fueron el tema central de las investigaciones presentadas.⁴³⁰ En esta misma sesión se exhibieron temas relacionados entre esas partículas y el magnetismo, así como su función en las mediciones ultrasónicas. Esta sesión mostro interés por encontrar mejores conductores que el oro y el cobre, inclusive algunos trabajos propusieron el uso del titanio y el zirconio.⁴³¹

La química tuvo presencia con temas diversos, entre los que se encuentra la estabilidad magnética, la medición del calor en los alambres, colapso de burbujas en el agua, efecto del aire y electrones en flujo de choque, entre otros. Aunque el área de la medicina y la biología no tuvieron un papel importante, sería injusto no señalarlos. Harry Lobel disertó sobre “La insuficiencia de la mecánica newtoniana para la descripción hidrodinámica de un descubrimiento anatómico en el sistema

⁴²⁸ *Ibid.*

⁴²⁹ *Ibid.*

⁴³⁰ *Ibidem*, pp. 58- 65.

⁴³¹ *Ibidem*, p. 67- 68.

arterial.”; única presentación del área biológico- médica.⁴³² Éste sobresalió por interesarse en el cruce entre la biología y la física. Dicho cruce dio como resultado el campo de la medicina nuclear que en la década de 1970 cobró fuerza entre los científicos. La finalidad del trabajo fue mostrar “la insuficiencia de la tercera ley de Newton”⁴³³ para explicar los comportamientos de nuestro cuerpo.

Al igual que la RMF, cuyo caso se analizará en el siguiente capítulo, en la memoria de la Asamblea es posible encontrar trabajos sobre experimentos que estaban realizando los físicos mexicanos en laboratorios del país. Al enunciar esto, se entiende que muchos de los trabajos quedaron en el plano de los experimentos mentales. Debido en parte a las condiciones materiales de las instituciones de educación superior e institutos dedicados a la investigación. Sin embargo, también es posible encontrar textos derivados de la llegada del Van de Graff a México que tuvieron la correlación teórico-práctica. Inmerso en ellos estaba el lenguaje de la mecánica cuántica.

Una diferencia que estaba presente entre los físicos mexicanos y los estadounidenses es la distribución de los grupos científicos. Mientras en el caso mexicano, los físicos que se presentaron estaban repartidos entre la UNAM, la Comisión Nacional de Energía Nuclear (CNEN) y el INIC en el centro del país, los científicos estadounidenses estaban distribuidos en instituciones de educación superior públicas y privadas de diferentes regiones. Así como de instituciones de investigación científica de diversas empresas. Es posible encontrar investigadores

⁴³² *Ibidem*, p. 21.

⁴³³ *Ibid.*

adscritos a la Universidad de Stanford y el Caltech en la costa Oeste; el MIT, la Universidad de John Hopkins en la costa Este, así como otras instituciones educativas del centro del país. Sin omitir que muchos de ellos estaban adscritos al McIntosh R.I.A.S, la Bell Company, Lockheed Aircraft Corp., Motorola Inc. y Texas Instruments Incorporated entre muchas otras.

Comparar la situación de la investigación científica entre México y Estados Unidos no es con la finalidad de afirmar lo obvio: las grandes diferencias entre el desarrollo de cada país, sino resaltar una situación que ya se había enunciado en este capítulo; a saber: la preminencia que tenía el centro del país y sus instituciones educativas y científicas frente a sus pares de otros estados del país. La supremacía estadounidense estaba en función de lo que Javier Echeverría ha denominado, desarrollo tecnocientífico, en tanto en México el Estado era el único proveedor de materiales científicos.

Finalmente, hay que decir que más de la mitad del programa estuvo dedicado a temas de energía nuclear. Lo que se entiende a partir de que la física nuclear era el área de investigación dominante no sólo en México y Estados Unidos, sino que era un paradigma que alcanzaba diversos grupos de investigación en diferentes partes del mundo. Esta fue el área donde los físicos mexicanos sobresalieron en el número de participaciones. Los temas anteriores estuvieron dominados por investigadores estadounidenses. Esto indica la importancia que se le daba en Estados Unidos a otras áreas de la física con el propósito de encontrar aplicaciones a los rayos cósmicos y mecánica cuántica e incluso en la química, la biología y la medicina. En contraste, el lado mexicano presentaba una exagerada centralización

en los temas en energía nuclear, muestra de lo poco diversificada que estaba la investigación en las instituciones del país. Dicha problemática estaba en función del programa de investigación dominante de la energía nuclear, pero a la vez se encontraba con los límites materiales y económicos.

3.4 Conclusiones

En este capítulo se observó el cambio que existió en la ciencia mexicana durante las décadas de 1940 y 1950. Dicho cambio tiene en su trasfondo la importancia que la ciencia estadounidense y su modelo de organización comenzaron a tener sobre ella. Durante esa época la ciencia mexicana se alejó de los lazos tradicionales que había mantenido con la ciencia europea para ceder ese lugar a la que se realizaba en Estados Unidos. Los actores de la época al cobijo de un Estado consolidado y pacificado lograron construir instituciones que mostraran la importancia de su trabajo. De tal suerte que comenzaron a aparecer los reconocimientos con lo que su posición social cambió frente a la sociedad y el Estado. Se presentaron como agentes trascendentales de la nueva vida en México donde uno de sus grandes aciertos fue insertarse en el modelo corporativista mexicano.

Estos cambios, aunado a la organización de las instituciones nacionales originó el fenómeno de la excesiva centralización de las instituciones científicas en la Ciudad de México, lo que derivó en un desarrollo desigual. No con ello se afirma que de manera exclusiva el IPN o la UNAM tuvieran los mejores elementos, sino que la ciencia que se realizaba en México se redujo ante la prensa y el extranjero a lo que se hacían en estas dos instituciones. Algo que como se observó no ocurrió

de esa manera. Las instituciones y sus regiones también tenían mucho que aportar a la experiencia de la física en México.

El esfuerzo por llevar la disciplina de la física como área de conocimiento consolidado fue un logro que realizó un grupo de actores, que pueden ser considerados secundarios. Debido en parte a que sus logros no suelen aparecer en las reseñas de los grandes científicos mexicanos. No obstante, en este capítulo se buscó rescatar la importancia y el papel que algunos de ellos tuvieron en la consolidación de la carrera en física en otras partes de la república mexicana.

Capítulo 4. La Mecánica Cuántica y las prácticas en la ciencia mexicana hacia 1961

A través de los capítulos previos se ha mostrado que la mecánica cuántica en México ha sido un proceso de largo aliento que aún continúa. En este capítulo se explica un proceso paralelo al que se trabajó en el capítulo 3; es decir, cómo las prácticas de la física de la segunda mitad del siglo XX incidieron en la mecánica cuántica que se realizaba en el país en la etapa final de esta investigación.

Para analizar este proceso se propone hacer uso de la teoría de redes. Ésta permite observar el proceso a una mayor escala, el propósito es encontrar los elementos que se hayan omitido o ignorado. Las redes en este capítulo son entendidas como

una serie de conexiones que ponen a unas personas en relación con otras. Estas conexiones pueden tener muchas formas: encuentros fortuitos, parentescos, amistad, religión común, rivalidad, enemistad, intercambio económico, intercambio ecológico, cooperación política e incluso competencia militar. En todas estas relaciones las personas comunican información y la utilizan para orientar su comportamiento futuro. También comunican o traspasan tecnologías útiles, mercancías, cosechas, ideas y mucho más.⁴³⁴

A partir de esta cita se observa que los seres humanos comparten muchos elementos que es difícil constreñir al ámbito nacional, tal es el caso de la ciencia y la tecnología. Estos dos elementos han resultado fundamentales a lo largo de esta investigación donde se ha mostrado que la mecánica cuántica ha sido una teoría con desarrollo propio. Ésta había nacido en Alemania, cuando ese país se configuró como el centro de la física hacia finales del siglo XIX y las primeras dos décadas del

⁴³⁴ J. R. McNeill y W. H. McNeill, *Las redes humanas. Una historia global del mundo*, Barcelona, Crítica, 2003, p. 1.

siglo XX. En ella había elementos de la física que se trabajaron en diferentes partes del mundo, lo que indica que la física es una construcción de orden transnacional.

La historia transnacional se entrelaza con la historia de redes: ambas colocan a los actores científicos como eje explicativo de los procesos. Los científicos como constructores de la historia antes que agentes pasivos de la misma. Se mostró que el Estado tuvo un buen grado de injerencia en el tipo de ciencia que se construyó en México, algunas veces más visibles que otras. Tanto la perspectiva de la historia transnacional como la de redes no son antagónicas, por el contrario, comparten ideas y perspectivas. La intención es presentar a los actores históricos como individuos con agencia que están lejos de ser simples instrumentos en la construcción del Estado.

Los científicos mexicanos como comunidad son el eje del capítulo a partir de dos ámbitos: el primero es el de la RMF y el segundo el de las tesis de física en la Facultad de Ciencias de la UNAM entre 1940 y 1962. Si bien en el capítulo previo se enunció su importancia, en éste se resaltan los vínculos y las relaciones que se fueron construyendo entre los científicos mexicanos. Todos ellos estudiaron el tema de la mecánica cuántica o algún otro tema de la física, así como a los científicos de otras partes del mundo, lo cual se conoce a partir de los textos que publicaron en la RMF. Misma importancia que adquirieron las tesis de física. Estos dos elementos permiten colocar el acento en aquellos temas relacionados con la mecánica cuántica, al mismo tiempo que es posible observar a los autores y su cambio de intereses. Por lo tanto, en este capítulo se sostiene que los individuos y los

colectivos tuvieron la habilidad para construir redes y espacios donde comunicar el conocimiento construido a partir de sus investigaciones.

4. 1 Las características materiales de la física mexicana: la física nuclear

Después del escaso éxito que tuvo el CNESIC, fundado en 1935 durante el Cardenismo y extinto en 1942, surgió la necesidad de una institución que se hiciera cargo de la ciencia en México.⁴³⁵ Ese fue el antecedente de la fundación de la CICIC en el mismo año de la extinción de la CNESIC, aunque como ya se apuntó en el capítulo 2, este cambio sólo fue de nombre. La instauración de esa institución motivó el retorno de Sandoval Vallarta y Nabor Carrillo al país. Entre otras ideas, ambos coincidían en que México debía entrar a la era nuclear con fines pacíficos, lo cual daría al país una imagen de modernidad hacia el exterior.⁴³⁶

Estas condiciones forman parte del escenario internacional de la SGM en el que México estaba inserto en la primera mitad de la década de 1940. Este hecho dejó secuelas en los años posteriores que llevaron a México a aprender a coexistir con Estados Unidos. Lo que significó que México tuviera que aprender a negociar en aspectos económicos, políticos, territoriales y hasta científicos con ellos.⁴³⁷ Por más que durante la década de 1940 México impulsara su desarrollo industrial al

⁴³⁵ Una trayectoria de esta institución y la exclusión de la UNAM de la ciencia durante el Cardenismo se encuentra en Edith Castañeda Mendoza, “Ciencia y tecnología en México (1935- 1942). Del CNESIC a la CICIC: impulso a la investigación científica” en Federico Lazarín Miranda y Hugo Pichardo Hernández (Coords.) *op. cit.*, pp. 23- 48; Enrique Esqueda Blas también trabajó este tópico en *Nabor Carrillo y el proyecto nuclear mexicano*, 1946- 1963. Tesis para obtener el grado de licenciado en Historia, México, UNAM, 2007, pp. 65- 82. Véase p. 113.

⁴³⁶ Enrique Esqueda y María de la Paz Ramos, “Nabor Carrillo: pionero de la Energía nuclear en México, en Quipu. *Revista Latinoamericana de historia de las ciencias y la tecnología*, septiembre- diciembre 2013, vol. 15, núm. 3, p. 286.

⁴³⁷ Blanca Torres, *México y el mundo. Historia de sus relaciones exteriores. De la guerra al mundo bipolar*. Tomo VII, México, El Colegio de México, 2010, pp. 65- 80.

amparo de las condiciones mundiales,⁴³⁸ las dificultades económicas y materiales ocasionadas por la conflagración mundial no permitieron que el acceso a los insumos materiales fuese fácil.

Algunos países, entre ellos México, lograron acceder a nuevos recursos materiales. Entre los más codiciados estaban los materiales para laboratorios científicos, sobre todo de física, química y biología que formaban parte de la llamada ciencia moderna. La obtención de éste significó, en buena medida, una posición dentro del rol que jugaron las naciones en el escenario científico internacional hacia mediados del siglo XX.⁴³⁹ El objetivo de conseguir los preciados aparatos tecnológicos pondría a México en la órbita de las naciones modernas, después de todo el Estado posrevolucionario tenía que mostrar su fuerza. La ciencia se convirtió en parte del discurso unificador ya que “no hay nación en sentido moderno sin ciencia, ni tampoco, al contrario, ciencia sin Estado-nación”.⁴⁴⁰

Parte fundamental para que el Estado mexicano poco a poco haya brindado su apoyo a sectores distintos más allá de los que le dieron solidez durante el Cardenismo fue el denominado “Milagro Mexicano”. Gran parte de la literatura especializada coincide que éste puede datarse entre 1940 y 1970. Tres décadas en

⁴³⁸ Es necesario mencionar que la historiografía sobre el desarrollo económico de México sugiere una fase de protoindustrialización en las últimas décadas del siglo XIX y la primera del siglo XX. Vid. Sandra Kuntz Ficker, “México en la era de las exportaciones, 1870- 1929: auge exportador, modernización económica e industrialización”, Sandra Kuntz Ficker (editora), *La primera era exportadora reconsiderada: una revaloración de su contribución a las economías latinoamericanas*, México, El Colegio de México, 2019, pp. 277- 327.

⁴³⁹ Adriana Minor García, “El acelerador Van de Graff en movimiento: conexiones interamericanas, discursos de modernización y prácticas de la energía nuclear en México” en Laura Cházaro, Miruna Chaim y Nuria Valverde, *Piedra, papel y tijera: instrumentos en las ciencias en México*, México, UAM- C, 2018, pp. 346-347.

⁴⁴⁰ Guillermo Zermeño Padilla, “Ciencia de la historia y nación en México” en Sandra Carreras/ Katja Carrillo Zeiter (eds.), *La ciencia en la formación de las naciones americanas*, España, Iberoamericana/ Vervuert, 2014, p. 57.

las cuales no sólo creció el país en materia económica, sino que alcanzó su consolidación en términos científicos. Durante esos años México creció a un ritmo de 5% anual lo que determinó que el país tuviera recursos para adquirir equipos científicos que antes sólo podían usarse en universidades estadounidenses o a través de planteamientos teóricos de sumo complejos. El deseo de un crecimiento económico constante motivo que se vinculara a la ciencia con el desarrollo económico. En 1941, el Banco de México (BM) fundó la Oficina de Investigaciones Industriales (OII), la finalidad de esta Institución era apoyar programas de industrialización. El primer director fue Gonzalo García Robles quien tenía la encomienda de orientar los recursos económicos que el BM aportaba para llevar a cabo proyectos que incentivaran el desarrollo económico del país.⁴⁴¹

Los políticos mexicanos buscaron la asesoría de empresas estadounidenses, específicamente en el área de la ingeniería, por lo que recurrieron a Ford, Bacon, David y Higgins Inc encabezadas por la Armour Research Foundation (ARF). El objetivo de esta asesoría era apoyar el crecimiento industrial del país. La cual incluía una inspección técnica- económica que determinaría el estado en que se encontraba la industria nacional entre 1941 y 1944. El resultado de este estudio permitiría incentivar la industrialización del país. Las áreas que se privilegiaban fueron la de combustible sólidos, cueros y pieles, así como fibras y productos forestales. En la parte académica, la agricultura, la educación técnica y la investigación científica se convirtieron en ejes centrales de la alianza que se había

⁴⁴¹ Aurora Gómez Galvarriato, “La construcción del milagro mexicano: el instituto mexicano de investigaciones tecnológicas, el Banco de México y la Armour Research Foundation” en *Historia Mexicana*, núm. 3, vol. LXIX, 2020, p. 1251.

consolidado con la ARF. Este supuesto resultaba importante; por vez primera en la historia de México se planteó una correspondencia entre la industria y la investigación científica como parte de una iniciativa gubernamental.⁴⁴²

Esta relación que se estaba construyendo tenía como eje fundamental a los empresarios mexicanos,⁴⁴³ pero también un grupo de científicos mexicanos que fungieron como asesores científicos del proyecto. Los personajes encargados de la asesoría científica por parte de México fueron Nabor Carrillo y Ricardo Monges López, inscritos a la UNAM y la CICIC, Fernando Orozco Díaz proveniente de la CICIC, Federico Barona de la O. adscrito a la UNAM y la Comisión Nacional de Irrigación (CNI), y Carlos Bermúdez Lacayo de Pemex. A pesar de las buenas intenciones que este grupo haya podido tener la realidad era que los recursos en la década de 1940 eran limitados. Lograr que la industria se apoyara en la ciencia era complicado, al menos eso expresó Eduardo Villaseñor, encargado de las negociaciones. Villaseñor llegó a declarar que “no hay fundaciones, no hay instituciones de investigación y no hay universidades con fondos para operar de forma independiente”⁴⁴⁴.

Las múltiples negociaciones entre el grupo empresarial y científico derivaron en una colaboración que terminó por diluirse al no contar con el apoyo del Estado en las negociaciones futuras, al menos hasta 1947. Esta condición limitó los posibles alcances que éstas pudieran llegar a tener. Entonces, el mismo Villareal manifestó que el problema era que México no tenía millonarios y los que existían

⁴⁴² *Ibidem*, p. 1254.

⁴⁴³ *Ibidem*, p. 1260- 1262.

⁴⁴⁴ Cita tomada de *Ibidem*, p. 1264.

“no han tenido ejemplo a seguir sobre cómo usar sus millones”.⁴⁴⁵ En los años posteriores el proyecto, nuevamente, se colocó en el centro de la agenda gubernamental. Ya con el apoyo estatal y de instituciones estadounidenses, entre ellas la Universidad de Chicago, se construyó el Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas (IMIT) en 1950. Los empresarios mexicanos comenzaron a retirarse del mismo, lo que derivó en que las empresas estadounidenses ocuparan ese lugar. Entonces el IMIT nació de facto como una institución extranjera donde hasta 1954 no hubo ningún mexicano; esta condición marcó el fracaso de esta política que buscó que la industria mexicana tuviera sus bases en la ciencia que se produjera en México. Algo que evidentemente no sucedió.

Explicación de por qué durante las décadas subsecuentes, incluso hasta la actualidad, la ciencia mexicana no ha logrado vincularse a la industria con éxito. Tanto los empresarios como el Estado rehusaron dirigir el apoyo inicial que significaba el vínculo entre la industria y la ciencia. Este escenario marcó el camino que la ciencia en México seguiría las décadas posteriores. La ciencia, sobre todo aquella que dependía de grandes recursos económicos para habilitar laboratorios quedó limitada a los recursos e intereses del Estado. Éstos al quedar en sus manos determinaron el rumbo de la física hacia la energía nuclear en México durante las décadas posteriores.

⁴⁴⁵ *Ibid.*

4.2 Los materiales y la mecánica cuántica en el escenario mexicano

La Mecánica Cuántica no siempre tuvo una buena recepción en los círculos científicos internacionales, basta recordar la oposición de Einstein a la explicación de Copenhague elaborada por Bohr.⁴⁴⁶ Se puede suponer que el caso mexicano no escapó a la influencia de ese debate. La utilización de Experimentos Mentales para ejemplificar esta teoría la convirtieron en un tema de sumo complicado de llevar a la práctica, según todos sus preceptos epistemológicos.⁴⁴⁷ Es cierto que ningún mexicano participó de él, lo que no indica que su influencia no llegara a la ciencia mexicana.

La mecánica cuántica, por sus bases epistemológicas, carecía de los preceptos positivistas que las ciencias naturales pregonaban, además de la ya mencionada aplicación tecnológica. La física se ostentaba como la ciencia que construía una visión real del mundo,⁴⁴⁸ pero la Mecánica Cuántica no respondía del todo a ese paradigma,⁴⁴⁹ por lo que su utilidad en el discurso científico quedó descartada a favor de otra área de la física que tenía un desarrollo boyante: la física nuclear. Ambas teorías científicas compartían un cuerpo unificado de conceptos, así como prácticas científicas en un momento determinado.

Alexander Wendt, en su libro *Quantum Mind and Social Science. Unifying physical and social ontology* de 2015, sostiene que la interpretación social de la mecánica cuántica comenzó a partir de los múltiples problemas que tuvo para ser

⁴⁴⁶ Véase Capítulo 1.

⁴⁴⁷ Véase cita 16 del capítulo 1.

⁴⁴⁸ Max Planck, *op. cit.*, pp. 45- 60.

⁴⁴⁹ Evandro Agazzi, *La objetividad científica y sus contextos*, México, FCE/Universidad Panamericana, 2019, pp. 24- 25.

conceptualizada desde la física, lo que derivó que ante la esquivada situación en que estaba la teoría se recurriera a la filosofía lo que la convirtió en una teoría aún menos accesible.⁴⁵⁰ El cruce entre las humanidades y la física, que durante los siglos precedentes fue común tuvo, quizá, en la mecánica cuántica su punto de fama más alto y al mismo tiempo marcó un paulatino descenso de la relación entre ellas. Lo cual ha dado como resultado que sean dos culturas que raramente se tocan en el ámbito académico.⁴⁵¹ La razón es su aparentemente distancia epistemológica, teórica y conceptual, lo que para los físicos contribuyó a su alejamiento, señala que no tienen relación en la construcción del conocimiento humano.⁴⁵² Estos temas fueron poco explorados en el caso mexicano hasta que cobraron interés durante la década de 1990 entre los académicos de la filosofía de la ciencia.

En este marco la mecánica cuántica se presenta como parte de una teoría que ya era de sumo conocida entre los intelectuales mexicanos donde por supuesto se encontraban los físicos. Hay que recordar que hacia 1961 los físicos mexicanos formados en la UNAM contaban con conocimientos suficientes para manejar el acelerador Van de Graff que fue gestionado desde 1950 por diferentes físicos ante el gobierno mexicano. La física de mediados de siglo necesitaba lugares acondicionados con equipo tecnológico para poder trabajar en temas que no fueran experimentos mentales. La adquisición de este equipo puso a México y sus

⁴⁵⁰ Alexander Wendt, *Quantum Mind and Social Science. Unifying physical and social ontology*, Cambridge, Cambridge University Press, 2015, pp. 50-54.

⁴⁵¹ Charles P. Snow, *op. cit.*, p. 41- 43.

⁴⁵² Alexander Wendt, *op. cit.* P. 54.

científicos dentro del contexto internacional de las investigaciones en energía nuclear.⁴⁵³

Dentro de las relaciones que se generan en los espacios de trabajo destaca la que señala el privilegio de los recursos, dependiendo la importancia de la investigación. Es claro que dicha importancia está en función de los intereses del grupo dominante y por supuesto, la jerarquía, entendida como el valor de la información generada por los sujetos; este elemento acredita la importancia que existe entre los mismos integrantes de la comunidad científica.⁴⁵⁴ Los físicos mexicanos encajan dentro de este modelo. En 1952, año de la llegada del acelerador, México figuró entre los 7 países que tenían uno de los 87 aceleradores Van de Graff. Desde luego su llegada modificó la relación entre los científicos ya que “todos los artefactos debido a su naturaleza expresan relaciones de poder de una forma u otra [...] la tecnología, que debido a su naturaleza inherentemente cargada de connotaciones valorativas nunca es neutral, hace posible o mediatiza la experiencia humana en el mundo.”⁴⁵⁵

Los científicos mexicanos se caracterizaban por tener el mismo grado académico. Aunque como lo resalta Latour en su texto *La vida en el laboratorio*, la dinámica de los grupos científicos depende de la credibilidad que estos hayan adquirido; es decir, la acumulación de un gran capital de credibilidad posicionaba a

⁴⁵³ Gisela Mateos, Valeria Sánchez Michel y Adriana Minor, “Una modernidad anunciada” en *Historia Mexicana*, El Colegio de México, 2012, vol. LXII, núm. 1, pp. 424- 430.

⁴⁵⁴ Bruno Latour, *La vida en el laboratorio. op. cit.*, pp. 253- 254.

⁴⁵⁵ Stephen H. Cutcliffe, *Ideas, máquinas y valores. Los estudios de ciencia tecnología y sociedad*, México/ Barcelona, UAM- I/ Anthropos, 2003, p. 48.

los científicos en el uso de los materiales del laboratorio.⁴⁵⁶ La energía nuclear fue el uso predilecto que se le dio al Van de Graff, aunque no por ello exclusivo. Se debe reconocer que durante la década de 1970, el uso del Van de Graff en investigaciones nucleares cedió espacio a otras que no necesariamente eran parte de ese campo de investigación lo cual coadyuvó en la construcción de un nuevo paradigma en México.

Durante la periodización que atañe a este capítulo, y sobre todo desde su llegada, el acelerador Van de Graff definió en buena medida el tipo de ciencia física que se llevaría a mediados del siglo XX en México. Esto significaba una ciencia que no tenía como fin último la neutralidad y el acceso al saber, sino el progreso del Estado- nación y, por lo tanto, colocarlo en la esfera de la ciencia moderna.⁴⁵⁷ Es justo con la llegada del acelerador en 1952, que es posible situar la entrada de México en la ciencia moderna de pleno derecho. A partir de este momento, los científicos mexicanos y, ante todo, los físicos entendieron por modernidad lo que se convirtió común en la época: la división entre el mundo natural y el social, sin importar las características sociales de las que hubiesen emanado sus explicaciones.⁴⁵⁸ Aquí se encuentra una explicación al problema que se planteó en el capítulo1 con la suposición de la división de dos pensamientos de C. P. Snow. Este tipo de pensamiento que era común a la época para los científicos de las denominadas ciencias duras se volvió predominante. De ahí la incapacidad que aún

⁴⁵⁶ Bruno Latour, *La vida en el laboratorio*, *op. cit.*, p. 251.

⁴⁵⁷ Stephen H. Cutcliffe muestra que la neutralidad en la ciencia moderna es un ideal difícil de cumplir debido a los intereses existentes en torno a la ciencia, *Vid.*, Ideas, máquinas y valores, *op. cit.*, p. 57.

⁴⁵⁸ Bruno Latour, *We Have Never Been Modern*, Massachusetts, Harvard University Press, 1991, p. 12.

persiste en la academia mexicana del casi inexistente dialogo entre las humanidades y las ciencias duras.

Los físicos mexicanos se habían puesto la misión de que la ciencia arraigara en México. Por supuesto, para ellos la física representaba la más acaba de todas las ciencias, al menos dentro del esquema positivista. Siguiendo ese modelo se observa que los físicos mexicanos dirigieron sus esfuerzos hacia la investigación nuclear. La energía nuclear era parte del interés que un buen número de países tenía. El tener científicos preparados en ese campo resultó un elemento determinante para poder adentrarse en éste. Los físicos tuvieron en el área de la física nuclear una oportunidad de desenvolvimiento científico, ya que ellos incentivarón el interés del gobierno mexicano en esta área.

Otros actores influidos por el desarrollo de la física nuclear en México fueron los matemáticos quienes se interesaron en problemas interdisciplinarios, sobre todo, desde el álgebra teórica. Temática en la que la matemática desarrollada en México es reconocida a nivel mundial. Una situación similar ocurrió con los químicos, quienes se interesaron por los estudios de frontera con la física y la biología. Este par de datos indica que los intereses académicos no fueron similares, pero sus historias académicas los relaciona en el desarrollo de la física. Esta perspectiva muestra que la física fue el área científica que dirigió la consolidación institucional que estaba ocurriendo en todas las instituciones a lo largo del país. A pesar de estos elementos resulta imposible afirmar que toda la investigación en México fuera homogénea. Sin embargo, rol que comenzó a tomar el país en temas de energía nuclear dotó de una nueva imagen a nivel internacional.

Esta serie de eventos señalan la importancia que tuvo el arribo del Van de Graff, esa experiencia fue la que modificó la física en México, orientó la investigación física y la de las ciencias naturales en general, ya que muchos de las próximas investigaciones se realizarían en sus instalaciones o con personas relacionadas con su manejo. Es difícil saber los caminos que habría tomado la física en México si el acelerador Van de Graff hubiera llegado décadas posteriores. Lo que sí se puede afirmar es que hay una relación entre la llegada del acelerador y la investigación realizada en México. Las siguientes líneas encajan en este modelo explicativo. Por un lado, es posible observar que la llegada del acelerador a México coincidió con la institucionalización de la física mexicana en la RMF, mientras que por otro hay un incremento de los estudios que se realizaron con el nuevo equipo del Instituto de Física. La física mexicana acudió durante esos años al punto máximo de su institucionalización. El apoyo del Estado en la compra del acelerador mostró la relación de los físicos con el presidente de la república en turno, lo que indica que antes que un proyecto bien organizado fue a través de una relación personal lo que dio como resultado construir un programa en torno al uso de este aparato.

La física nuclear, como área de investigación, se abrió paso rápidamente debido a la importancia y prestigio que iba adquiriendo en el escenario internacional. Las condiciones de la guerra, el miedo al proyecto nuclear alemán y la carta de Einstein y Szilárd a Roosevelt, provocaron que las potencias participantes, principalmente Estados Unidos e Inglaterra, se interesaran en la investigación sobre la energía nuclear en el ámbito militar. Esto provocó que la transferencia de tecnología de los países hegemónicos se viera interrumpida. Fue el caso del

desarrollo de la física nuclear en México donde uno de los intereses recayó sobre la teoría de la relatividad. Alba Andrade, afirmó haber participado en el desarrollo de la teoría de la relatividad de Birkhoff desde años antes de su publicación en el número uno de la RMF en 1952.⁴⁵⁹ Sin embargo, gran parte de la investigación se dirigió hacia la energía nuclear desde 1950, cuando Carlos Graef solicitó al gobierno la compra del acelerador Van de Graaff de dos millones voltios.

La primera mención del Van de Graff en la RMF fue una reseña de su origen, adquisición y agradecimiento al presidente Miguel Alemán por su apoyo a la ciencia. La revista señala que la adquisición de este equipo coadyuvaría en el desarrollo de la física pura, lo cual beneficiaría tanto al Instituto de Física de la UNAM como a la SMF, los cuales para la época de la llegada del acelerador eran prácticamente lo mismo.⁴⁶⁰ Esta reseña no está firmada por nadie, pero se puede adjudicar a los editores de la revista. En ella se presenta la importancia que tenía la llegada de este aparato tecnológico; el cual ponía a México en las mismas condiciones de investigación en la física experimental que otros países poseedores de las innovaciones tecnológicas. La revista muestra que, según el nivel de acceso a los equipos, las investigaciones de los años subsecuentes tuvieron que ver con los resultados que derivaron del uso del acelerador.

La llegada del Van de Graff supuso una apuesta que los pioneros de la física institucional hicieron para que la física encabezara el nuevo tipo de ciencia que se haría en México. Sandoval Vallarta tenía clara la superioridad que ya presentaba la

⁴⁵⁹ *Ibidem*, p. 28.

⁴⁶⁰ *Revista Mexicana de Física*, “Notas varias”,

física frente a las otras áreas del saber, al aseverar en 1949 que “las ciencias físicas han avanzado en los últimos 50 años a pasos de gigantes, mientras las ciencias económicas, políticas y las ciencias sociales se han quedado estancadas”.⁴⁶¹ Los físicos mexicanos tenían claro el nuevo rol que disfrutaban en la sociedad mexicana, se asumían como parte de una élite intelectual. Para Vallarta el entramado teórico y el amplio desarrollo que la física a nivel mundial y nacional había tenido puso a la física como la ciencia más desarrollada. La relación de la física como campo del saber interdisciplinario la colocó un peldaño arriba de las otras.

Entre los científicos mexicanos que se dedicaron a la investigación de la energía nuclear es posible encontrar rasgos comunes; la utilización de determinados aparatos y estudios utilizados; valores y problemas no resueltos, y finalmente reconocimiento fuera de la comunidad. Lo que se propone es que hay una relación entre los físicos y el equipo Van de Graff que se utilizó en el Instituto de Física. Es factible suponer que no todos los científicos mexicanos de esa época estaban interesados en la física nuclear, pero que a raíz de la llegada de éste al Instituto se vieron insertos en un ambiente determinado por el paradigma nuclear. Esta relación invita a reflexionar sobre “el que un científico elija (o rechace) alinearse con el nuevo paradigma no depende de un juicio racionalmente neutral, que no puede existir [...] [sino] en relación a cierta percepción de lo que constituye mejores explicaciones de problemas más interesantes o predicciones novedosas.

⁴⁶¹ Manuel Sandoval Vallarta, “El desarrollo contemporáneo de las ciencias matemáticas y físicas” ... en *op. cit.*, p. 17.

Semejante cambio de la visión del mundo está influido por factores sociales...⁴⁶².
Los determinantes materiales eran por supuesto, las que tenían las instituciones.

La mecánica cuántica y su relación con la investigación nuclear no es única, pero muestra que la labor de investigación y la docencia en México eran actividades poco reconocidas, tanto por la sociedad mexicana como por el Estado. Como se mostró en capítulo 2, a pesar de la cálida bienvenida que le dieron Prieto, en la década de 1920, y posteriormente Gallo, en la década de 1930, la Mecánica Cuántica en su calidad de estudio prácticamente teórico resultó un tema que se investigó poco. Estos antecedentes muestran que la aseveración de Lakatos de que la cuántica fue retomada como un programa de investigación científica y no como un paradigma, al estilo de Kuhn fue porque se consolidó en los llamados “experimentos menores”.⁴⁶³ Estos fueron el resultado de eventos un tanto fortuitos, pero al mismo tiempo los resultados extraídos de esos experimentos permitieron que la física cuántica tuviera aplicaciones tecnológicas. En ese sentido la utilidad de la cuántica ha quedado marcado en la impronta del siglo XX y XXI: la tecnología actual es muestra de ello.

La mecánica cuántica, a pesar de que comenzó a tener aplicaciones tecnológicas en la década de 1960, tuvo un desarrollo vinculado a la aplicación desde su inicio a la física nuclear, lo que le dio un papel periférico en la nueva física. Situación que cambiaría en los años subsecuentes. La física nuclear dominó el escenario de la política internacional durante y después de la SGM. El tener o no

⁴⁶² Stephen H. Cutcliffe, Ideas, máquinas y valores, *op. cit.*, p. 29.

⁴⁶³ Imre Lakatos, “La falsación y la metodología de los programas de investigación científica” en Imre Lakatos y Alan Musgrave (editores), *op. cit.*, pp. 261, 280.

bombas atómicas o de hidrógeno, impulsadas por el desarrollo de la física nuclear se convirtió en una forma, aunque no la única, de negociación y presencia de las grandes potencias en el escenario internacional. En el fondo de esta dicotomía que significó la importancia de la nueva ciencia, entre la física nuclear y la cuántica, el agente humano capacitado en el lenguaje matemático sumamente complejo y explicaciones teóricas de la nueva física-química tomó un papel preponderante.⁴⁶⁴

Hacia 1950 un nuevo grupo de físicos mexicanos, casi todos ellos de 30 años, acompañados de algunos extranjeros, sobre todo, estadounidenses, cobraron notoriedad en la comunidad de la física mexicana y latinoamericana. Algunos de ellos pasaron por un proceso similar al de la tercera generación: transitaron de las ingenierías a la física, lo que los dotó de cualidades aptas para la práctica. Esto tiene relación al constatar las nuevas herramientas con las que tuvieron que trabajar en el Instituto. Los físicos tuvieron que construir los lenguajes “entendidos como elementos que operan en espacios e instituciones y esferas culturales concretos: sí bien es cierto que el debate político – teórico no se limitaba a una elite de genios, sí se requería cierto nivel de educación”.⁴⁶⁵ El vehículo utilizado para impulsar el dialogo fue la RMF.

Los científicos mexicanos tenían los conocimientos necesarios para acercarse a diferentes áreas de la física debido a su formación en instituciones de educación superior estadounidenses. Sin embargo, las condiciones materiales, determinadas en gran parte por el escenario político económico mexicano y la

⁴⁶⁴ Omar Cruz Azamar, *op. cit.* pp. 19- 20

⁴⁶⁵ Nicholas Miller, “Espacios de pensamiento: historia transnacional, historia intelectual y la Ilustración” en *Ayer*, 2014, número 94, vol. 2, p. 116.

realidad geopolítica internacional surgida del resultado de la Segunda Guerra Mundial, definieron la dirección que la ciencia tomaría los siguientes años.⁴⁶⁶ Dicha orientación no fue exclusiva de México, muchos otros países se ajustaron al nuevo orden mundial que incluía el aspecto científico.⁴⁶⁷

Hacia la mitad del siglo XX la dicotomía progreso- atraso de las naciones sumó nuevas categorías que iban más allá del acceso a los recursos naturales. La electrónica y las computadoras se convirtieron rápidamente en sinónimo de tecnología avanzada. Este concepto se relacionó con ámbitos de la economía en los países industrializados que se caracterizó por un personal altamente calificado, principalmente científicos e ingenieros, elevados gastos de investigación y desarrollo de innovaciones, y un mercado para sus productos.⁴⁶⁸ Esta serie de relaciones no ocurrió en otros países fuera de la periferia científica y tecnológica.

Es cierto que ambas disciplinas eran parte del paradigma dominante en física. No obstante, la situación bélica orientó los esfuerzos en un área de la física en especial, situación que no pasó desapercibida para la ciencia mexicana.

4.3 Las redes en la comunidad científica física mexicana, 1952- 1961

La metodología de redes permite explorar las relaciones que se construyeron entre distintos personajes en momentos históricos determinados. La dinámica social que ofrece complejiza las relaciones entre los personajes. Una de sus cualidades es que

⁴⁶⁶ El caso de las relaciones políticas y económicas entre México y Estados Unidos al finalizar la Segunda Guerra Mundial ha sido estudiado por Blanca Torres en México y el mundo. *Historia de sus relaciones exteriores: de la guerra al mundo bipolar*, especialmente el capítulo “Aprendiendo a negociar con una superpotencia: los años del gobierno de Miguel Alemán”, este apartado trata sobre los años que corresponden con el presente capítulo.

⁴⁶⁷ Oscar Plaza, “Las ventajas de llegar tarde: tecnología avanzada en países de desarrollo”, *Estudios internacionales*, año 27, núm. 105, 1994, p. 16.

⁴⁶⁸ *Ibidem*, p. 13.

la red expone “la conducta de individuos, instituciones y corporaciones”.⁴⁶⁹ A lo largo de esta investigación, los conceptos de comunidad científica y generación se han entrelazado. De tal manera que es posible afirmar que en el caso mexicano las generaciones que institucionalizaron la física coexistieron, pero al final, la generación que transitó de las ingenierías a la física en las décadas de 1920 y 1930 instituyó su visión e intereses de la física en México.⁴⁷⁰ Todas las generaciones tuvieron maestros de la generación previa y ellos a su vez lo fueron de la subsecuente. A pesar de que hacia 1961, la generación de Gallo y Prieto ya no existía físicamente, algunas de sus ideas continuaban en la academia mexicana. Su presencia no sólo se resumía a su figura, sino que, a partir de lo observado en el capítulo 3, una física con una fuerte formación matemática fue parte su logro.

Los científicos de la mitad del siglo XX entablaron relaciones profesionales y, en algunos casos, de amistad. Bourdieu señala que el capital cultural en función de la edad es uno de los elementos que existen para ascender en la estructura del poder académico.⁴⁷¹ Para 1952, año en que se fundó la SMF, los físicos y matemáticos de la segunda generación, rondaban los cincuenta años y ya estaban consagrados, es el caso de Nápoles Gándara y Sandoval Vallarta, mientras Alfredo Baños había aceptado volver al MIT en 1943 y ocasionalmente regresaba a México

⁴⁶⁹ Antonio Ibarra y Guillermina del Valle, “Redes sociales e instituciones: una nueva mirada sobre viejas incógnitas” *Historia Mexicana*, núm. 3, enero- marzo 2007, México, 2007, p. 718.

⁴⁷⁰ Robert K. Merton, “Los colegios invisibles en el desarrollo cognitivo de Kuhn” en Carlos Solís Santos (comp.), *Alta tensión: Historia, filosofía y sociología de la ciencia. Ensayos en memoria de Thomas Kuhn*, Madrid, Paidós, 1998, pp. 24- 25.

⁴⁷¹ Pierre Bourdieu, *Homo academicus*, México, Siglo XXI editores, 2008, p. 106

hasta que en 1949 adquirió la ciudadanía estadounidense y se estableció en la Universidad de California.

Los intelectuales de la ciencia en México establecieron redes que fomentaron la circulación de ideas entre ellos con la finalidad de instituir estrategias que les permitieran legitimarse. Las revistas científicas⁴⁷² y las conferencias pertenecen al modelo mediante el cual una comunidad buscó establecer sus intereses para alcanzar su meta de unificación del lenguaje científico.⁴⁷³ Las publicaciones científicas son una forma de acercarse a las ideas de los autores e identificar las relaciones existentes. Un análisis que muestre los intereses de las revistas científicas e intelectuales en función de los artículos y temáticas publicadas en ellas sirve como eje explicativo de la organización intelectual de la red.

En la organización de las redes intelectuales, la transferencia de ideas no es unilateral, si esto ocurriera, el diálogo necesario para la instauración de tradiciones científicas no resultaría fecundo. La circulación de ideas se da en distintos niveles y ámbitos, entre las que están personas, cosas, libros, textos, estilos, los cuales son intercambiados.⁴⁷⁴ Sin embargo, no todo es armonía en los grupos de científicos e intelectuales. En ellos existen los marginados, entendidos como aquellos que no comparten las normativas, las prescripciones y la estructura organizacional de la

⁴⁷² Antonio Checa Godoy afirma que las revistas sobre ciencia, historia, política y literaria encajan en el concepto general de revista cultural. El autor añade que en el caso latinoamericano se acude a la emergencia del fenómeno de la instauración de las revistas culturales en las décadas de entre 1920 y 1950. Vid, *Historia de la prensa en Iberoamérica*, Sevilla, Editorial Alfar, 1993, pp. 438- 443.

⁴⁷³ Guillermo Palacios, “Los círculos concéntricos de la educación rural en el México posrevolucionario: un caso sui generis de redes intelectuales” en Marta Elena Casaús Arzú y Manuel Pérez Ledesma (eds.) *Redes intelectuales y formación de naciones en España y América Latina (1890- 1940)*, Madrid, Universidad Autónoma de Madrid ediciones, 2005, pp. 107- 118.

⁴⁷⁴ Miruna Achim y Aimer Granados, *Itinerarios e intercambios en la historia intelectual de México*, México, UAM/CONACULTA, 2011, p. 11.

red, por lo que resulta importante mencionarlos. Este modelo se presenta en la comunidad académica de físicos mexicanos de mediados del siglo XX, quienes buscaron un medio para dar a conocer sus ideas.

Una revista académica resultó el medio adecuado para difundir los avances de la comunidad científica mexicana. La circulación del conocimiento es necesaria para que la ciencia adquiriera formas de comunicación diversas, según los públicos que la requieran y los que ella misma genera,⁴⁷⁵ las revistas académicas cumplen con ese objetivo. Es posible suponer que lo hicieron con la intención de consolidarse, pero también tenían claro cuál sería su público: la comunidad científica, en general, y los estudiantes de física, en particular.

Una nueva generación de físicos que ellos estaban formando. Esta generación fue la que guio a los físicos, quienes ya gozaron de una ciencia institucionalizada. Por lo que a mediados del siglo XX era difícil imaginar que existieran públicos para la ciencia popular o subalterna.⁴⁷⁶ La ciencia nacional sólo era una y era aquella que estaban imponiendo los físicos y el grupo allegado a ellos en torno a las investigaciones nucleares. Si la generación previa se encargó de crear las bases de su institucionalización material, así como de los primeros planes de estudio, la generación de mediados de 1940 y 1950 consolidó el nuevo lenguaje de la ciencia en el ámbito mexicano: la física- matemática.

⁴⁷⁵ James A. Secord, "Knowledge in Transit" en *Isis*, Vol. 95, Núm. 4, p. 655.

⁴⁷⁶ El concepto de ciencia popular o subalterna expone que el conocimiento se propaga a partir de la centralidad, la ubicación y la circulación primaria donde fue generado el conocimiento. A partir de eso, las siguientes traducciones se harán de la misma forma, tomando en cuenta que la comunicación de la ciencia en la próxima ocasión se hará con una nueva traducción sobre la traducción anterior. *Crf.* James A. Secord, "Knowledge in Transit" en *ibidem*, pp. 654- 663; Jonathan R. Topham, "A View from the Industrial Age", en *Isis*, Vol. 95, Núm. 3, pp. 431- 442.

Para que la RMF lograra materializarse se requirió de un esfuerzo entre distintos científicos mexicanos y extranjeros. Estos últimos fueron eje fundamental para que la revista tuviera éxito. Sus universidades de origen fungieron como apoyo a la red que estaban conformando; las fundaciones estadounidenses junto con el Instituto de Física de la UNAM fueron el soporte económico y asociativo que la SMF necesitaba para llevar a cabo su objetivo. En esta lucha por la institucionalización de la ciencia física y su difusión en México, el contexto social tuvo un papel importante en la representación de la ciencia, formas y contenidos de la comunicación científica.⁴⁷⁷

En las ciencias básicas es común que los científicos conformen equipos en torno a un programa de investigación. Generalmente se configuran de esa manera debido a que sus temas de investigación pertenecen a un problema mayor. Habitualmente, el tema principal se compartimenta en tantos subtemas es posible de esa manera la investigación se realiza por partes. La llegada de la mecánica cuántica consolidó esa forma de trabajo. A medida que el tema se hizo cada vez más amplio fue claro que nadie podía investigar de forma aislada; la imagen clásica del científico aislado en su laboratorio dio paso a una nueva: los grupos de científicos dispersos en un mismo edificio o inclusive en distintos lugares de un país. Esto ocurrió no sólo en las teorías sino en los proyectos industriales y/o gubernamentales.⁴⁷⁸ La organización de las ciencias básicas, especialmente

⁴⁷⁷ Stefan Pohl Valero, *Energía y cultura: historia de la termodinámica en la España de la segunda mitad del siglo XIX*, Barcelona, Editorial Pontificia Universidad Javeriana, 2011, p. 222.

⁴⁷⁸ Javier Echeverría, *La revolución tecnocientífica*, en *op. cit.*, p. 137- 140. En esas páginas el autor muestra como los intereses gubernamentales e industriales confluyeron en la investigación del ADN. Su descubrimiento desató una serie de investigaciones menores que reeditaron en ganancias económicas y utilidades políticas.

aquellas que necesitaban un laboratorio, tendió hacia a la forma que ya era común en Estados Unidos y algunos países europeos.

El Van de Graff sólo aceleró esa tendencia, la cual ya estaba en marcha en las ciencias básicas mexicanas. Esto significa que los científicos no publicaban necesariamente lo que querían. Al contrario, la gran mayoría estaban influenciados por las condiciones materiales y presiones de los grupos académicos a los que pertenecían. Los científicos necesitaban pertenecer a algún grupo, de otra manera su investigación quedaba constreñida a no ser reconocida, sin importar su trascendencia. Los investigadores que se atrevieron a ir por ese camino vieron como sus investigaciones quedaron supeditadas a aquellas que estaban dentro de un grupo de trabajo. Situación que es posible observar en la RMF en función del acelerador y la energía nuclear.

El edificio que construyeron los físicos e ingenieros mexicanos, como toda creación humana, estaba permeado por intereses personales, gustos, desavenencias y objetivos divergentes. De esta forma es posible explicar que la RMF en sus primeros años haya tenido en sus páginas, artículos sobre energía nuclear, ciencia de materiales y equipo radiactivo por encima de cualquier otro tema. De ahí que en ella se observen los principales intereses de los encargados de la revista en sus primeros años: Nápoles Gándara, Sandoval Vallarta, Carlos Graef, Monges López y Nabor Carrillo.⁴⁷⁹

⁴⁷⁹ Andrea Torres Alejo, *Estudio de tres generaciones de científicos y su participación en la institucionalización de la física y las matemáticas en México*, Tesis para obtener el grado de Maestría, UAM-I, 12 de diciembre de 2012, p.126.

Entre 1952, año en que la SMF publicó por vez primera la RMF, y 1961, año en que se fundaron un buen número de escuelas e institutos de física, matemáticas y ciencias en general, fueron publicados 162 artículos. Las exigencias de la revista eran que los artículos fueran escritos en español,⁴⁸⁰ además de que estuvieran dentro de los campos de:

- 1) Alguna de las ramas de la Física Teórica o Experimental.
- 2) Algunas de las ramas de Física Matemática.
- 3) Alguna ciencia afín a la Física, como la Geofísica, Astrofísica, Física-Química, etc., siempre y cuando el énfasis del artículo sea sobre el aspecto físico del problema, y no sobre el tecnológico, químico o biológico.⁴⁸¹

Esta invitación significó que diversos científicos del área de física, así como algunos matemáticos, químicos, biólogos e ingenieros publicaran avances de investigaciones en la revista. La interdisciplinariedad de los científicos la posicionó como el único medio de difusión de la física en México. Los temas iban desde energía nuclear hasta ingeniería mecánica, siempre con un énfasis en física en sus primeros números. En el afán por construir un diálogo con otras áreas del saber humano, hubo algunas excepciones en los temas publicados.

En el primer número hubo un texto sobre filosofía de la física, pero en los siguientes la publicación dejó de lado el diálogo con las humanidades y las ciencias sociales para sólo publicar ciencia demostrable.⁴⁸² En los primeros años hubo comunicación con la biología desde temáticas de la física clásica; sin embargo, esa

⁴⁸⁰ En la actualidad la revista está dividida en *Revista Mexicana de Física*, *Revista Mexicana de Física S* y *Revista Mexicana de Física E*.

⁴⁸¹ “Reglamento de la comisión”, *Revista Mexicana de Física*, núm. 1, vol. 1, 1952, p. 1.

⁴⁸² *Ibidem* en p 2. Este abandono del diálogo entre la física y las humanidades no fue unilateral, al igual que la física, la filosofía y la historia abandonaron la relación que tenían con la ciencia. Las tres disciplinas olvidaron que más que descripciones de la realidad, elaboran representaciones de ésta. Sobre este debate, *Vid.*, J.A. López Mosqueda y V. Aboites, “La filosofía frente al objeto cuántico” en *Revista Mexicana de Física E*, núm. 63, 2017, pp. 107- 122.

situación cambio en los números subsecuentes. Los temas de biología dejaron de aparecer hasta que, en la década de 1970, la relación entre la física, la biología y la medicina cobró un nuevo impulso: la medicina nuclear.⁴⁸³ Estas condiciones permiten observar cuales eran los parámetros para pertenecer a la comunidad de física. Lo que demuestran los artículos de la revista fue que una gran mayoría de los físicos siguieron los grandes temas en la física nacional. Después de todo, así funcionan las comunidades científicas, el diálogo pocas veces es horizontal y en la mayoría de ellas es impuesto por los dirigentes académicos.

La revista fue una invitación a que todos los físicos del país publicaran sus avances, aunque es un hecho que eso no ocurrió. Dadas las condiciones de la institucionalización de las academias científicas del país hacia la mitad del siglo XX, las instituciones y, sobre todo, los científicos que estaban en la Ciudad de México tomaron ventaja dentro de las comunidades científicas. En el capítulo 2 se mostró que su estadía en ella respondía al desarrollo de la cultura en México.

Durante 1952- 1961, hubo artículos firmados por 83 científicos, 44 de los cuales tenían alguna adscripción a los Institutos de Física, Química, Matemáticas o la Escuela de Ingeniería de la UNAM; 12 formaban parte del INIC; mientras que 23 eran de universidades o institutos de investigación extranjero; 1 de la Universidad de Guanajuato; 1 del Laboratorio del Sincrociclotrón; 1 de la UNESCO y, 1 del IPN.

Este panorama cambió en los años posteriores a 1962, cuando el número de escuelas e institutos de física, matemáticas y ciencias en el país había crecido.

⁴⁸³ Luis A. Jiménez Zamudio, "Breve historia de la inmunología en *Ciencia*, vol. 66, núm. 2, pp. 8- 17.

Posiblemente éstas aún contaban con un número pequeño de investigadores y planta docente, similar al proceso ocurrido en la UAP. Esto se advierte debido a que los científicos capacitados para dar clases e investigar, probablemente, pasaron por las aulas y los institutos de la UNAM, y la UAP. Vale la pena traer a colación el caso de la UEG; de ésta ya se había mencionado que fue la segunda universidad que tuvo un Van de Graff. Es muy posible que esta condición le haya conferido una posición relevante en la región centro-norte del país; sin embargo, esto sale de los límites de la investigación, pero es un tema que aún queda pendiente de ser investigado. Finalmente, en este punto, no puede pasar desapercibido que a partir de 1956 algunos autores se adscriben a la CNEN, además de alguna otra institución. Lo que muestra que el intercambio de información ya no sólo era entre personas sino entre instituciones.

Las publicaciones, así como la frecuencia de éstas en la RMF sirve como parámetro para observar la dinámica en las relaciones que arraigaron en la comunidad de la física en México. Las ideas expuestas en los artículos muestran que entre los miembros de la red existía un paradigma dominante: la energía nuclear. La RMF se consolidó rápidamente como el medio de comunicación aceptado, dicha condición se la dio su lugar de origen, la institución que la respaldaba y los temas impuestos. Condiciones que aún determinan a quienes pertenecen a una comunidad académica determinada.⁴⁸⁴

Buena parte de esta generación de físicos mexicanos estudió en la UNAM los niveles de Licenciatura y Maestría, en tanto, que sus doctorados los realizaron

⁴⁸⁴ Pierre Bourdieu, *op. cit.*, p. 110.

en instituciones de Estados Unidos. Esa condición los puso al nivel de los mejores del mundo; el acceso a laboratorios de vanguardia y contactos con científicos de distintas partes del mundo los acercó a un conocimiento que de otra manera hubiera sido difícil acceder desde México.⁴⁸⁵

A partir de la red 1 se observa que Alba Andrade, Mazari y, en menor grado, Thomas A. Brody dominaron la revista entre 1952 y 1961 (véase ilustración 1). Esto se afirma a partir de las relaciones que se muestran en sus artículos y temas. Los tres personajes formaron parte de la UNAM, INIC y la CNEN. Desde esas instituciones conformaron un grupo que los colocó en una posición dominante entre los físicos en México; los tres estuvieron involucrados en el uso, mantenimiento y los experimentos que se hacían en el acelerador. Brody, Alba Andrade y Mazari mantuvieron lazos a partir de la afinidad temática. Los dos primeros tuvieron su primera colaboración en 1955 con un artículo intitulado “Dispersión de neutrones rápidos por plomo y plata”⁴⁸⁶, mientras ese mismo año, Mazari colaboró con Alba Andrade y Brody en un artículo sobre reacciones generadas a partir del Van de Graff.⁴⁸⁷

Marcos Mazari es un personaje representativo de esta etapa. Sobre él hay que mencionar que pesar de que sus mayores logros y reconocimientos estuvieron en el campo de física, no era físico de formación sino ingeniero civil. Desde el

⁴⁸⁵ María de la Paz Ramos, “En los 75 años de la Facultad de Ciencias, una semblanza de su fundador Ricardo Monges López”, *Ciencias*, núm. 115, UNAM, enero- junio 2015, p. 145.

⁴⁸⁶ Thomas Bonner, Fernando Alba Andrade y Marcos Mazari, “Dispersión de neutrones rápidos por plomo y plata” en *Revista Mexicana de Física*, Vol. IV, núm. 1, 1955, p. 52.

⁴⁸⁷ Fernando Alba Andrade, Thomas Brody, Alonso Fernández, Marcos Mazari, Vinicio Serment y Manuel Vásquez Barete, “Estudio de las reacciones ${}^eC^{12}(d,p){}^eC^{18}$ y ${}^eO^{16}(d,p){}^eO^{17}$ ”, en *Revista Mexicana de Física*, vol. IV, núm. 4, 1955, pp. 207- 223.

principio de su carrera estuvo vinculado con el Van de Graff; fue el encargado de la planificación del edificio que albergó el acelerador en Ciudad Universitaria. Esto vinculó a Mazari con los físicos mexicanos, razón por la cual inició cursos de posgrado sobre aceleradores electrostáticos en el MIT con el apoyo de Nabor Carrillo.⁴⁸⁸ El haber estudiado en Estados Unidos, además de intereses profesionales comunes, identifico a estos científicos como un grupo dentro de una comunidad que comenzaron a hegemonizar.⁴⁸⁹

Sobre Thomas A. Brody se sabe que fue un exiliado alemán que llegó a México en la década de 1940 durante la época del nazismo en Europa. Desde su llegada, Brody realizó su actividad científica en el país. Ingeniero químico de formación, graduado en la Universidad de Lausana, se interesó en la física en los años de la década de 1950; periodo que confluyó con la institucionalización del lenguaje de la física en México.

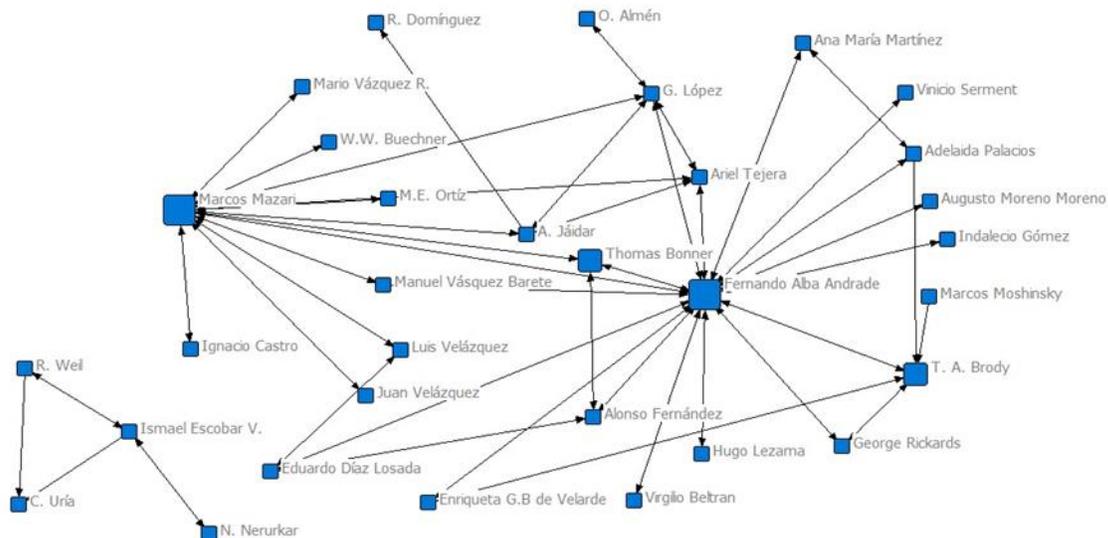
Los mismos autores reconocen en la introducción del artículo que éste fue producto del trabajo sobre el haz de deuterios con el equipo Van de Graff y que estaban dentro de un proyecto sobre las propiedades de los gases en determinadas reacciones.⁴⁹⁰

⁴⁸⁸ Dirección General de Asuntos del Personal Académico, *Nuestros Maestros. Tomo I*, México, UNAM, 1992, pp. 203-206.

⁴⁸⁹ Vid. Tony Becher, *Academic Tribes and Territories. Intellectual enquiry and the cultures of disciplines*, op. cit., pp. 36- 47 y “The Internalities of Higher Education” en Wiley. *European Journal of Education*, vol. 30, núm. 4, p. 395.

⁴⁹⁰ Ibidem, 207.

Red 1. Red de autores en la Revista Mexicana de Física, 1952- 1961



Elaboración propia con el programa UCINET con datos de la *Revista Mexicana de Física*, 1952-1961.

En la red 1 (véase anexo 1) se presenta a los científicos coautores en al menos un artículo entre 1952 y 1961. Ésta se denomina densa por la cantidad de arcos que van en múltiples direcciones. En ella destaca la relación entre Mazari y Alba Andrade quienes se vieron beneficiados por la cantidad de artículos publicados en autoría o coautoría. En las publicaciones de ciencias básicas es común encontrar que los artículos son firmados por grupos extensos de científicos, condición que continúa hasta la actualidad. En distintas ocasiones un científico era el encargado del proyecto mientras que el trabajo se había compartimentado en beneficio del desarrollo de los diferentes proyectos.

Es así como Mazari aparece como autor o coautor en 11 artículos, mientras que en el caso de Alba Andrade fueron 9; los artículos donde ambos firmaron como autores o coautores, o con otros grupos de trabajo fueron 7. Esto significa que, en

distintos momentos del periodo indicado, los lazos entre ellos se dieron en multiniveles de orden jerárquico. En esos artículos ambos físicos aparecen como directores del proyecto de investigación sobre “radioactividad artificial creada en explosiones nucleares”⁴⁹¹, lo que indica su importancia tanto en el Instituto de Física como en la SMF. En menor medida aparece Brody con 7 artículos, quien a su vez coescribió con Mazari y Alba Andrade en 4 ocasiones. En el caso de Mazari, se observa que existen nodos en solitario. Es el caso de los que compartí con Mario Vásquez R., W. W. W. Buechner, Ignacio Castro, Luis Velázquez, Juan Velázquez y M. E. Ortiz.

La red señala que la relación entre los científicos se dio en diferentes niveles, por lo que resulta interesante mencionar los roles que tuvieron Thomas Bonner y Manuel Vásquez Barete. Ellos funcionaron como arcos en la interacción con otros 18 científicos. La frecuencia de los artículos de Bonner y Vásquez Barete muestra que, a pesar de la importancia de Mazari y Alba Andrade, ellos fueron los vínculos fuertes en los primeros 9 años de la revista. Este esquema muestra un constante flujo de información entre los físicos mexicanos. La presencia del Van de Graff como elemento articulador de la investigación de la física en México, se muestra en el eje temático que este grupo realizó en esos años, casi todas ellas en torno a la energía nuclear.⁴⁹²

⁴⁹¹ Fernando Alba A., Virgilio Beltrán, Thomas Brody, Hugo Lezama, A. Moreno M. A. Tejero y M. Vázquez B., “Primer informe sobre estudios de la lluvia radioactiva” en *Revista Mexicana de Física*, vol. V, núm. 4, p. 154- 156.

⁴⁹² Marcos Mazari, Fernando Alba Andrade Manuel Vásquez Barete, Luis Velázquez, Juan Velázquez e Ignacio Castro, “Coeficientes de absorción lineal de neutrones rápidos de concreto”, *Revista Mexicana de Física*, vol. VI, núm. 1, 1957, pp. 3-4.

El dominio que tuvieron en la revista indica que compartieron intereses con otros actores de la época. Los vínculos directos que tuvo Alba Andrade con Bonner, Vásquez Barete, Ariel Tejera y G. López, sirvieron de vínculo en su relación con Mazari. La información que proporciona la red 1, indica que durante la década de 1950 se formaron nuevas redes que fueron parte de una constante transferencia de conocimiento; sin embargo, esto no indica que necesariamente se haya generado conocimiento nuevo, de tal suerte que es posible afirmar que los temas dominantes en esta década fueron energía nuclear y materiales para investigación en física utilizados en México.⁴⁹³

Frecuentemente algunos de los coautores fueron alumnos y ex alumnos, ahora convertidos en colegas de Alba Andrade. Tal es el caso de Vinicio Serment y Enriqueta G. B. de Velarde. Como es común en estos casos ningún individuo tuvo control absoluto sobre la red, por lo que es posible afirmar que todos los miembros de la comunidad tenían cierto grado de autonomía.⁴⁹⁴ No obstante, el control de poder de la revista estaba concentrado en unos cuantos físicos lo que señala que estaba en función de los intereses de aquellos que dominaron los temas de investigación de este ejercicio de poder dependía su dominio e influencia sobre la red.⁴⁹⁵

⁴⁹³ Rosalba Casas, “Enfoque para el análisis de redes y flujos de conocimiento” en Matilde Luna (coord.), *Itinerarios del conocimiento: formas, dinámicas y contenido. Un enfoque de redes*, México, UNAM-IIS/Anthropos, 2003, pp. 48- 49.

⁴⁹⁴ Matilde Luna, “La red como mecanismo de coordinación y las redes de conocimiento” en Matilde Luna (coord.), *Itinerarios del conocimiento: formas, dinámicas y contenido... op. cit.*, p. 54.

⁴⁹⁵ *Ibid.*, p. 53.

La red 1 muestra un aspecto curioso. En ella Manuel Sandoval Vallarta, aparece como un personaje periférico en los primeros años de la revista; sólo publicó en una ocasión con un artículo que podría considerarse menor dentro de su amplia bibliografía. Sin embargo, Sandoval Vallarta era una figura consagrada de la física mexicana y mundial y, por ende, su prestigio no pasaba por la frecuencia de sus publicaciones en la RMF. Su trayectoria docente en el MIT y de investigación sobre el tema de los rayos cósmicos, además de sus constantes colaboraciones en *Physical Review* y otras revistas académicas en Estados Unidos le otorgaron un lugar en el firmamento en la academia científica mexicana.⁴⁹⁶ No sólo de la física y la matemática, sino de toda la academia. Aunque es cierto que, desde su regreso a México, Sandoval Vallarta se ocupó de asuntos, más bien, institucionales y diplomáticos antes que propiamente científicos.⁴⁹⁷

Otro ejemplo es el de Marcos Moshinsky, uno de los jóvenes físicos mexicanos de mediados del siglo XX, quien durante esos años estaba en proceso de consagración con sus investigaciones en mecánica cuántica y relatividad. Moshinsky publicó en 13 ocasiones en la revista, sólo una de ellas en colaboración con Brody, personaje que se ha presentado en estas líneas como un actor de sumo importancia en los primeros años de vida de la revista. A pesar de sus colaboraciones, Moshinsky aseguraba que había un consenso entre la comunidad científica mexicana sobre que en México no se podía hacer investigación

⁴⁹⁶ Vid. Pierre Bourdieu, *op. cit.*, pp. 142.

⁴⁹⁷ Fernando del Rio, *op. cit.*, pp. 233- 250.

científica.⁴⁹⁸ Ante la mirada de este físico la escases de materiales dificultaba la labor de la institucionalización de la ciencia en México.⁴⁹⁹ Ante esta dificultad, que le preocupaba, algunos de sus artículos aparecieron en *Physical Review*, la cual era la revista con mayor impacto a nivel internacional en Física durante la década de 1950.

Finalmente, el caso de Thomas A. Brody presenta el menor número de nodos relacionados, por ejemplo, la relación con Alba Andrade y con Moshinsky denota la importancia que tuvo Brody en la comunidad de físicos mexicanos, que compartían entre otras cosas una edad similar, profesión y nivel de estudios. Los datos presentados por esta comunidad fragmentada en generaciones señalan que la generación de los físicos mexicanos, de la cual Sandoval Vallarta era la máxima figura, estaba siendo sustituida por la generación que confirmaba la institucionalización de la física en México, a través de un lenguaje establecido para la difusión de la ciencia en México.

El número de relaciones muestra que no toda la comunidad académica de física en México tenía conexión entre ellos. El número de físicos en México en la década de 1950 y los primeros años de la década de 1960 aunque pequeño, ya era una comunidad establecida donde existieron personajes con mayor importancia que otros (véase cuadro 11). Los lazos fuertes se daban entre los nodos más

⁴⁹⁸ Luis Gotidiener, *Marcos Moshinsky: la lucha por la ciencia desde el Tercer Mundo*, México, Juan Pablos Editor, 2017, p. 56.

⁴⁹⁹ Ibid.

conectados, mientras que los lazos débiles estaban con los integrantes recién llegados al campo de la física.

Cuadro 11. Artículos en la Revista Mexicana de Física donde aparecen Alba Andrade, Mazari y Brody, 1952-1961.

Autor principal	Colaboradores	Título del artículo	Año
Fernando Andrade Alba	Eduardo Díaz Losada Alonso Fernández Indalecio Gómez	Cámara de ionización de radio-frecuencia	1954
Thomas Bonner	Fernando Alba Andrade Alonso Fernández Marcos Mazari	Dispersión de neutrones rápidos por plomo y plata	1955
Fernando Andrade Alba	Thomas A. Brody Alonso Fernández Marcos Mazari Vinicio Serment Manuel Vásquez Barete	Estudio de las Reacciones	1955
Fernando Andrade Alba	Virgilio Beltrán Thomas A. Brody Hugo Lezama A. Moreno Martínez Ariel Tejera Manuel Vásquez Barete	Primer informe sobre estudios de la lluvia radioactiva	1956
Marcos Mazari	Fernando Alba Andrade Manuel Vásquez Barete Luis Velásquez Ignacio Castro	Coefficientes de absorción lineal de neutrones rápidos en concreto	1957
Marcos Mazari	Ignacio Castro Fernando Alba Manuel Vásquez Raffle	Espectrógrafo magnético para el estudio de reacciones nucleares	1957
Fernando Andrade Alba	Thomas A. Brody Hugo Lezama Ariel Tejera Manuel Vásquez Barete	Segundo informe sobre la precipitación radioactiva	1957
Marcos Mazari	Luis Velásquez Fernando Alba Andrade	Análisis químico empleando protones con energías de 1.5 MeV	1959
G. López	Marcos Mazari Fernando Alba Andrade M. E. Ortíz	Resonancia del F18 por Bombardeo de O16 con Deuterones	1959
Adelaida Palacios	Thomas A. Brody Ana María Martínez	Métodos de determinación del estroncio 90	1959

Thomas A. Brody	George Rickards C. Enriqueta G. B	Métodos de cálculo de la precipitación radioactiva	1959
Fernando Alba Andrade	Thomas A. Brody Adelaida Palacios Enriqueta G. B A. Moreno Martínez	Cuarto informe sobre estudios de la precipitación radioactiva	1959
Marcos Moshinsky	Thomas A. Brody	Simetría y reglas de suma de los paréntesis de transformación	1960
Ariel Tejera	Marcos Mazari A. Jaidar G. López	Remediación de valores Q_0 de reacciones nucleares entre los elementos ligeros	1961
A. Jaidar	G. López Marcos Mazari R. Domínguez	Determinación de las energías de excitación de los núcleos ligeros y los primeros intermedios a través de reacciones (d,p) y (d,α)	1961

Elaboración Propia con datos de la *Revista Mexicana de Física*, 1952- 1961

A partir de lo expuesto hasta aquí, vale la pena volver a observar la red presentada en este capítulo (véase red 1). A través de ella es posible exponer el lugar marginal que ocupó la mecánica cuántica estuvo en función de los personajes centrales en la física mexicana. Alba Andrade, Mazari y Bohner fueron los físicos mexicanos que se especializaron en el uso del Van de Graff, lo cual en buena medida explica el número de artículos entre estos personajes, característica que los convirtió en los nodos centrales de la red. Esta particularidad fue justo la que los colocó un paso delante de los otros científicos, principalmente de aquellos que estaban interesados en temáticas distintas a la investigación nuclear. La capacitación sobre el uso y manejo del Van de Graff que tuvieron Alba Andrade y Mazari en Estados Unidos los diferencio de otros físicos e ingenieros en México.

Antes de la llegada del aparato Van de Graff a México la SMF presumía en sus notas varias del primer número de la revista que “El jefe del nuevo laboratorio será el M. en C. Fernando Alba Andrade, vicepresidente de esta sociedad”⁵⁰⁰. Al mismo tiempo que anunció que Alba Andrade estaría a la cabeza de un grupo de trabajo en el cual estaba Leopoldo Nieto Casas y el ingeniero Eduardo Díaz Losada, quienes a su vez también pertenecían a la SMF. Por lo expuesto en la revista, la llegada del Van de Graff siempre fue vista como parte de un proyecto de investigación en México que no exceptuaba temáticas de orden teórico, las cuales serían dirigidas por Moshinsky en el laboratorio de física nuclear.⁵⁰¹ Esto muestra que, aunque el Van de Graff fue controlado por un grupo que tenía intereses en la energía nuclear otras áreas cercanas a ella como la física cuántica encontraron un pequeño nicho dentro de la SMF, la RMF, el Instituto de Física de la UNAM.

Esta relación asimétrica según la importancia que se le daba a la energía nuclear y la investigación cuántica durante la mitad del siglo XX muestra la importancia de los artículos sobre este tema. Al ser la mecánica cuántica un tema de sumo complejo en su entramado teórico y experimental resulta difícil explicarlo ajeno a la estructura institucional que se estaba formando en México. Sobre todo, después de haber expuesto en los capítulos previos la construcción de un pequeño grupo de investigación que se acercó a esta área de la física que hacia mediados de la década de 1960 encontró un espacio en otras instituciones de educación superior. Con el paso de los años y la construcción de equipos de investigación, la

⁵⁰⁰ “Notas Varias” en *Revista Mexicana de Física*, vol. 1, núm. 1, 1952, p. 79.

⁵⁰¹ *Ibidem*.

cuántica alcanzo la consolidación como un campo de investigación importante en el desarrollo de la ciencia nacional.

4.4. La mecánica cuántica en la RMF

La Mecánica Cuántica fue parte de los temas de la revista en seis ocasiones en los años señalados. La primera de ellas fue el artículo escrito por Moshinsky en 1952 que lleva por título “Efectos transitorios en la depresión causada por una esfera rígida”,⁵⁰² En ese artículo el autor menciona el concepto de mecánica cuántica en dos ocasiones, donde hace referencia a la relatividad, teoría de Birkhoff y radiocristalografía. Los textos reflejaban el uso de matemáticas sumamente complejas y el manejo de conceptos que se habían construido durante la Revolución Científica de principios del siglo XX.

Durante los primeros números de la revista, Moshinsky fue el único de la comunidad científica mexicana que se interesó en el tema de la mecánica cuántica; en el tercer número de 1952, el autor se dedicó a la relación entre la ecuación de Dirac y el tiempo. En el resumen del artículo menciona que se ocupará de movimientos de nucleones de la teoría de la mecánica cuántica.⁵⁰³ Al año siguiente, su interés por el tema lo hizo patente en el texto “Difracción de neutrones por cristales en vibración”, donde hace mención del concepto de mecánica cuántica y su relación con la Ecuación de Dirac.⁵⁰⁴ Es interesante el caso de Moshinsky, ya que si bien sus artículos son, casi, de manera exclusiva ecuaciones, como lo son

⁵⁰² Marcos Moshinsky, “Efectos transitorios en la dispersión causada por una esfera rígida” en *Revista Mexicana de Física*, enero, vol., 1, núm. 1, pp. 28- 35.

⁵⁰³ Marcos Moshinsky, “Difracción en el tiempo y la ecuación de Dirac” en *Revista Mexicana de Física*, vol. 1, núm. 3, 1952, p. 151.

⁵⁰⁴ Marcos Moshinsky, “Difracción de neutrones por cristales en vibración” en *Revista Mexicana de Física*, vol. 2, núm. 3, 1953, p. 137.

habitualmente los textos del área de ciencias básicas, no olvida incluir un fragmento de prosa al inicio del mismo; circunstancia que ayuda a los legos que se acercan a ellos ya que muestra la temática que trabajará en ellos. Esto ha resultado de gran ayuda al momento de acercarse a las investigaciones de los científicos y específicamente a los textos de Moshinsky en la RMF.

En el año de 1954, Moshinsky publicó en la misma revista sobre energías térmicas. En éste dice que ocupará la Ecuación de Schrödinger y las explicaciones de Debye para comprobar la ley Bragg- Love, lo que muestra el manejo de los conceptos de la mecánica cuántica en sus investigaciones.⁵⁰⁵ En ese año escribió su último texto sobre mecánica cuántica en el periodo que se está trabajando en esta tesis. En él dice que su objetivo es analizar la Ecuación de Sommerfeld.⁵⁰⁶ Si bien en ninguna de las dos ocasiones mencionó explícitamente el concepto de mecánica cuántica, los grandes aportes a la física por parte de Schrödinger, Debye y Sommerfeld se elaboraron para resolver problemas de esta teoría. De tal suerte que se puede asumir que existen referencias físico- matemáticas a la mecánica cuántica en los textos de Moshinsky.⁵⁰⁷

Es hasta el año de 1956 que un personaje distinto se ocupó de la Mecánica Cuántica en la RMF: Alejandro Medina, químico- físico mexicano que cursó sus estudios de posgrado en la Universidad de Chicago. Medina, quien hizo su tesis bajo la dirección de Enrico Fermi, escribió “Espacios de probabilidad en la mecánica

⁵⁰⁵ Marcos Moshinsky, “Vibraciones térmicas de los cristales y la difracción de neutrones” en *Revista Mexicana de Física*, vol. 3, núm. 1, p. 1.

⁵⁰⁶ Marcos Moshinsky, “Difracción en el tiempo asociada a una distribución de fuentes” en *Revista Mexicana de Física*, vol. 4, núm. 4, 1954, p. 70.

⁵⁰⁷ Véase capítulo 1 de esta tesis.

cuántica I”.⁵⁰⁸ En la introducción Medina menciona que el texto es de orden teórico por lo que ocupará el recurso matemático de la teoría de conjuntos para resolver el problema propuesto. El siguiente año, su alumno: Juan de Oyarzábal escribió el último artículo que hace referencia, explícita o con referencias conceptuales a la mecánica cuántica al menos hasta 1961. El título del artículo fue “Producción mesónica de mesones” y según la introducción de Oyarzábal este es un problema en el diagrama de Feynman en la teoría cuántica.⁵⁰⁹ Aunque son pocos artículos esto demuestra que la mecánica cuántica ocupaba un lugar en la comunidad científica mexicana.

A diferencia de la energía nuclear, la mecánica cuántica aparece como un tema periférico; sin embargo, esto no permite observar que ambos temas estaban (y están) sumamente entrelazados. Hecho que se ha señalado como parte de un desarrollo histórico paralelo en el siglo XX entre las teorías de la ciencia. Dos aspectos que influyeron, como se ha visto hasta este momento, fue el paradigma científico de la física internacional, dominado por las investigaciones en torno a la energía nuclear, aunado a la falta, aparente, de aplicaciones tecnológicas de la mecánica cuántica en la década de 1950. De ahí que se afirme que esos elementos influyeron en el aparente desinterés de los físicos mexicanos hacia la mecánica cuántica.

⁵⁰⁸ Alejandro Medina, “Espacios de probabilidad en la mecánica cuántica I” en *Revista Mexicana de Física*, vol. 5, núm. 1, 1956, p. 53.

⁵⁰⁹ Juan de Oyarzábal, “Producción mesónica de mesones” en *Revista Mexicana de Física*, vol. 6, núm. 4, 1957, p. 153.

Ninguno de los personajes mencionados en este apartado estaba dentro del grupo dominante de la RMF. Lo que demuestra que al acercarse a otras líneas de investigación se alejaron de los intereses que tenía el grupo hegemónico de Alba Andrade, Mazari y Bohner, quienes controlaron el uso del instrumento más importante que había en la física mexicana.

4.5 La mecánica cuántica en las tesis.

Otro tipo de fuentes que brindan información sobre las redes en la física entre 1940 y 1962 son las tesis de grado de la UNAM. Existe una diversidad considerable sobre el grado al que pertenecen, temas y asesores. Obtener el rubro de asesor fue uno de los más elusivos. El cuadro 12 muestra que el nombre de Marcos Moshinsky domina en las tesis de licenciatura. Durante la realización de estas, Moshinsky estableció relación con personajes que años después, como se analizaron en el apartado 4.4, estarían en el firmamento de la física mexicana. Juan Manuel Lozano, Alejandro Medina y N. F. Medina Medina, sobre salen por la importancia que cobraron en la década de 1960 y 1970, tanto en la UNAM como en el IPN y otras instituciones de educación superior en otros estados de la república.

Las temáticas de los trabajos están en la frontera de la física, la química y las matemáticas. Muestra de que la circulación de la información daba como resultado conocimientos sólidos entre los estudiantes de ciencias naturales en la UNAM. En ese momento, todavía resultaba común que los investigadores fueran profesores activos en las licenciaturas, a pesar del esquema universitario que separaba al docente del investigador. Es digno de llamar la atención que la gran mayoría de los temas fuesen sobre la física moderna. Un buen número de estudiantes se

interesaban por la física a nivel atómico, lo que demuestra el conocimiento que, en pocos años, las generaciones previas habían logrado consolidar en la UNAM. Los programas de estudios de la carrera de física implementados desde 1937, incluía materias del mundo subatómico, así como estudios de mecánica cuántica en niveles superiores, lo que invariablemente demuestra que las áreas del conocimiento científico tenían una actualización constante; al menos esto se puede aseverar al observar el constante cambio de planes de estudio que hubo en la UNAM entre 1937 y 1951⁵¹⁰. Nuevamente, el caso de Fernando Alba Andrade resulta significativo, el cuadro 10 muestra que él fue el primero en recibir el grado de Licenciado en 1943 y el primero en recibir el grado de Doctor en 1956.

Existe un salto cualitativo en las tesis posteriores a 1953. Hasta esa fecha realizar actividades prácticas en física en México resultaba difícil. Todos los trabajos se referían a aspectos teóricos cercanos a las matemáticas, también hubo trabajos sobre experimentos mentales o experimentos extraídos de las investigaciones en rayos cósmicos. Los experimentos mentales ponían a la ciencia mexicana un paso atrás, ya que dependía de experimentos realizados por terceros, los cuales corrían el riesgo de interpretarse de forma equivocada o ponderar determinados resultados en función de lo leído. La llegada del Van de Graff modificó las relaciones y las prácticas no sólo materiales, sino de conocimiento. El hecho de que los estudiantes accedieran a través de sus roles de ayudantes a información que antes resultaba

⁵¹⁰ Véase María de la Paz Ramos Lara, "La formación profesional del físico en la UNAM" en *op. cit.*, pp. 164, 166- 167, 169.

imposible obtener, señaló el camino tomarían, la investigación del mundo subatómico.

Aunque la Mecánica Cuántica no fue un tema explícito en ninguna de las tesis, en el fondo de ellas subyace una formación físico- matemática e incluso química. A partir de ellas se muestra que los conocimientos de la teoría cuántica estaban implícitos en la formación de los estudiantes. Étienne Klein afirma que la mecánica cuántica, “Lejos de ser una disciplina marginal, la considerable eficacia operatoria que [...] la caracteriza se extiende desde las partículas hasta la astrofísica, pasando por la física atómica y la física de los sólidos”.⁵¹¹ Entonces, no resulta extraño sostener que la física cuántica sostiene en sus hombros a la física moderna.⁵¹² Esta observación resulta válida para el caso de las tesis y los artículos en la RMF que ya se han enunciado.

Ambos muestran el impacto que tuvo la llegada del Van de Graff a México. La diferencia temática permite observar el viraje entre un tema propio de la física clásica de corte newtoniano hacia temáticas de la física subatómica. En 1942 los temas eran propios de la física- matemática de tipo clásica, situación que se repitió en las temáticas subsecuentes hasta 1951. Entre esos años las temáticas sólo fueron interrumpidas por la tesis de Fernando Prieto sobre mesotrones y protones en 1948, pero que era de corte teórico.⁵¹³ En 1953 comenzó el cambio en las temáticas y propuestas dentro de las tesis de grado. Se dejó de hablar sólo de

⁵¹¹ Étienne Klein, *La física cuántica*, México, Editorial Siglo XXI, 2003, p. 11.

⁵¹² *Loc. cit.*

⁵¹³ Fernando E. Prieto C. *Captura de mesotrones negativos por protones*. Tesis para obtener el grado de Licenciado en Física, México, UNAM, 1948.

aspectos teóricos, los cuales en este capítulo se han definido como parte de los experimentos mentales, para dar paso a ejemplos extraídos de las prácticas realizadas con el Van de Graff.

Esta dinámica continuó en los años subsecuentes ya que en las tesis se comenzó a hablar de elementos materiales de los laboratorios. Artefactos que antes de la llegada del acelerador no eran tomados en cuenta, cobraron relevancia. Por ejemplo, Leopoldo Nieto Casas hizo explícita la recolección de datos que obtuvo a partir del laboratorio en el Instituto de Física, aunque menciona sólo en una ocasión al acelerador Van de Graff, dijo que fue gracias a sus prácticas que la investigación se llevó a cabo.⁵¹⁴ Los cambios temáticos a partir de 1953 en las tesis no escapan a las tendencias generales en América Latina. Tanto Brasil como Argentina se interesaron por expandir sus horizontes en temas de la energía nuclear, lo que invita a suponer que tenían los recursos humanos necesarios para realizar los experimentos.⁵¹⁵

Cuadro 12. Tesis de grado en el Instituto de Física de la UNAM, 1940- 1961.

Sustentante	Grado	Asesor	Tema	Año
Antonio Romero Sánchez	Maestría		Trayectorias cerradas en el péndulo esférico	1942
Mercado Domenech, Ma. Del Pilar Juanita sustentante.	Maestría		Representación de una superficie sobre otra superficie	1947
Prieto C., Fernando E.	Física		Captura de mesotrones negativos por protones	1948
José Adem Chain			L- Grupos	1949
Carlos Mario Castañeda	Licenciatura	Marcos Moshinsky	Circuitos de multiplicación en grupos infinitos	1951

⁵¹⁴ Leopoldo Nieto Casas, Estudio de la reacción $6C12(d,p)6C13$ con tablas para la conversión de datos del sistema del laboratorio al sistema del centro de masa. Tesis para obtener el grado de Licenciado en Física, México, UNAM, 1953, p. 2.

⁵¹⁵ Anabella Abarzúa Cutroni, “Partículas universales: las misiones científicas de la UNESCO en Argentina (1954- 1966)” en *Revista Iberoamericana de Ciencia y Sociedad*, vol. 36, núm. 12, pp. 33- 59.

Juan Manuel Lozano	Licenciatura	Marcos Moshinsky	Descripción dinámica de la dispersión por un potencial	1953
Alejandro Medina	Licenciatura		Teoría de los reactores nucleares homogéneos	1953
N. F. Medina Medina	Licenciatura	Marcos Moshinsky	Dispersión elástica multinivelar	1953
Leopoldo Nieto Casas	Licenciatura		Estudio de la reacción $6C12(d,p)6C13$ con tablas para la conversión de datos del sistema del laboratorio al sistema del centro de masa	1953
Luis Estrada	Licenciatura		Cuadrupolo eléctrico y dipolo magnético del deuterón considerando fuerzas de pendientes de la velocidad	1955
Prieto C., Fernando E.	Licenciatura		Dispersión elástica de neutrones por núcleos en movimiento	1955
Carlos Imaz Jahnke	Licenciatura		Dimensión en espacios métricos no separables	1955
Alfonso Mondragón	Licenciatura	Marcos Moshinsky	Dispersión elástica de neutrones por protones, en el caso de fuerzas dependientes de la velocidad	1955
Ignacio Renero A.	Licenciatura	Marcos Moshinsky	Dispersión por un potencial dependiente de la velocidad	1955
Vinicio Serment Cabrero	Licenciatura	Fernando Alba Andrade	Dispersión de neutrones rápidos por Al, Fe, Ni, Cu, Zn, Ag, Sn, Hg, Pb y Bi	1955
Ariel Tejera Rivera	Licenciatura		La medición del microradian	1955
Fernando Alba Andrade	Doctorado		Estudio de las reacciones $C12(d,p)C13$, $O16(d,p)O17$ y $O16(d,p)O17$	1956
Fernando Enrique Prieto Calderón	Doctorado	Alejandro Medina	Dispersión de antinucleones por nucleones	1957
Laura Pastrana Berdejo	Licenciatura q		Identificación de algunos antibióticos por difracción de rayos X	1957
Ramón Cortés Barrios	Licenciatura		Principios de invariancia y la desintegración beta	1959
Jorge Rickards Campbell	Licenciatura		Espectros nucleares de $F20$, $O17$ y $O16$ a	1960

			partir de reacciones (d,p) (d α [alfa]) y (p, α [alfa]) en F19, empleando energías incidentes de 1.8 MeV	
Juan Manuel Lozano	Doctorado	Marcos Moshinsky	Descripción causal y relaciones de dispersión	1960
Eduardo Schmitter Martín del Campo	Licenciatura		Estudio microfotométrico de una nebulosa cometaria	1960
Elías Sefchovitz Itzcovich	Licenciatura	Fernando Enrique Prieto Calderón	Interacciones fuertes entre partículas elementales	1960
Juan B. Oyarzábal	Licenciatura		Distribuciones angulares en la desintegración beta.	1960
Melchor Colon Vela	Licenciatura	Juan B. Oyarzábal	Fundamentación de las interacciones fuertes entre partículas elementales.	1961

Elaboración propia con datos del repositorio virtual de tesis <http://repositorio.tesis.fisica.unam.mx>

4.6 Conclusiones

A lo largo de este capítulo se mostró el desarrollo interno de la mecánica cuántica como campo de investigación en México durante los años que se acercan hacia 1961, fecha final de esta investigación. A diferencia de los capítulos previos donde los elementos externos se presentaron como agentes de suma importancia, en éste se privilegió una construcción que muestra a la mecánica cuántica como un campo de investigación que se ganó un espacio pequeño, desde el cual tuvo un desarrollo constante entre los físicos e ingenieros en este país. Los actores históricos, es decir, los científicos, son lo que construyeron la mecánica cuántica desde una perspectiva tan diversa como compleja. Para ello hay que observar el momento histórico desde el cual escribieron sus artículos, resultado de investigaciones que tuvieron lugar en dos momentos. El primero de ellos: los incipientes años del desarrollo de la mecánica cuántica hasta 1927. Periodo en el que ocuparon una de las herramientas preferidas por los físicos a lo largo de la historia: los experimentos mentales.

Ese escenario se mantuvo casi inalterado hasta que los físicos mexicanos encabezados por Nabor Carrillo y Sandoval Vallarta gestionaron la llegada del Van de Graff: segundo momento de inflexión de la física mexicana. La llegada de este aparato transformó la dinámica de las ciencias naturales en México; la física, la química y hasta las ciencias biológicas se vieron beneficiadas en su etapa experimental. La generación y transmisión del conocimiento también sufrieron modificaciones. Atrás había quedado la época donde la física mexicana estaba construida en experimentos mentales, pero aún más importante, durante estos años se consolidó la separación definitiva de la física y de la ingeniería en cualquiera de

sus formas. No es que hubiera ocurrido un divorcio entre estas áreas, sino que la física mexicana encontró sus fundamentos en las premisas que estaban ocurriendo en la física internacional.

Conclusiones

Actualmente, la mecánica cuántica tiene un nicho sólido en la investigación física que se realiza en México. El Colegio Nacional y diferentes universidades e instituciones de educación superior a través de la república realizan de manera periódica conferencias y coloquios dirigidos a especialistas. Los cuales requieren, cada vez más, una formación interdisciplinaria que va desde las ingenierías hasta la biología, pasando invariablemente por la física y las matemáticas.

La mecánica cuántica ha logrado que un gran número de especialistas recurran a ella en búsqueda de respuestas a múltiples preguntas sobre la naturaleza; siempre a través de un complejo y sofisticado aparato físico-matemático que brinde sustento teórico y epistemológico a los problemas científicos elaborados. Otro elemento que debe ser considerado es la posibilidad actual de realizar proyectos que acudan a la experimentación para verificar planteamientos, pero también para replicar los que atraigan su atención. No obstante, gran parte de esos experimentos aún se realizan en instituciones del extranjero, debido al desfase tecnológico.

La consolidación que tiene la mecánica cuántica también ha permitido que existan especialistas de la divulgación de este tema. La mecánica cuántica en términos científicos requiere de personas capaces de decodificar su lenguaje. Elemento que cada vez se ha vuelto más complicado. En este nicho hay que mencionar a los periodistas y divulgadores de la ciencia que constantemente publican libros, revistas y artículos dirigidos al público general, tarea que habitualmente es poco valorada dentro del quehacer científico.

La complejidad de la mecánica cuántica y los conceptos de los que hacen uso los científicos se han prestado para crear el género de la lectura de ciencia ficción a partir de ella. Esta literatura presupone la idea sobre los viajes en el tiempo y universos paralelos. Sin embargo, hay otro tipo de textos que resulta peligrosos para la población general. Éstos recurren a los términos de la cuántica y tergiversa su significado para obtener un beneficio económico en detrimento de la salud de la población. En este rubro es común encontrar terapias, explicaciones del destino y salud entre otros muchos otros temas de ese tipo. Todos ellos a partir de la cuántica y su complejo lenguaje, el cual ha permitido la tergiversación de objeto de estudio.

A pesar de que estos temas resultan importantes de ser estudiados por el impacto que tienen en la sociedad actual, no fueron parte de la investigación; sin embargo, es interesante enunciarlas como parte de otras aristas que tiene la mecánica cuántica. Este tipo de textos se encontraron de forma habitual a lo largo de la investigación.

La investigación llevada a cabo exploró una vertiente que ha recibido poca atención: el histórico. No es que no se haya intentado hacer historia de la mecánica cuántica en México, sino que los estudios aún son insuficientes para ofrecer un panorama más amplio sobre qué fue lo que pasó con la llegada de esta teoría al país. Éste es el fin que persiguió esta investigación; a saber, contribuir a la comprensión del camino que ha llevado a la mecánica cuántica hasta el momento presente. En algunas ocasiones se suele pensar que las teorías e ideas llegaron de manera espontánea a México, sin considerar que las ideas son parte de las sociedades que las producen y son entendidas a partir de sus valores y contexto

histórico. La mecánica cuántica, por supuesto, no fue la excepción. Su llegada estuvo mediada por la interpretación, utilidad y condiciones socio-económicas por las que atravesaban los actores de la época.

Sobre la teoría cuántica se investigaron las primeras seis décadas del siglo XX, por lo que resulta difícil afirmar que la cuántica no se estudió en México durante esos años. La reconstrucción elaborada en esta investigación ha mostrado que a pesar de lo difícil que era investigar sobre ella, no era una tarea que los científicos mexicanos rehusaran del todo. No obstante, con los resultados obtenidos tampoco se puede aseverar que la mecánica cuántica fuera un campo académico en el que los científicos mexicanos tuvieran una participación sobresaliente a nivel mundial, salvo el caso excepcional de Marcos Moshinsky. Esta dicotomía coloca a los científicos mexicanos en un lugar promedio dentro las contribuciones dentro del campo científico de la física.

El objetivo principal que motivó esta tesis fue reconstruir la llegada de la mecánica cuántica a México; como toda investigación histórica, la tarea no fue fácil. Tampoco se puede afirmar que esta tesis haya agotado las vetas del tema, sino que plantea un camino que siguieron los actores interesados en la mecánica cuántica. La finalidad de este trabajo es contribuir a ese estado de la cuestión para que el tema sea abordado en investigaciones posteriores por historiadores interesados en las comunidades científicas. Al mismo tiempo que le otorgue importancia a su relación con las teorías que influyeron en el quehacer científico de las diversas etapas de la historia de México.

La hipótesis que se utilizó para reconstruir la historia de la mecánica cuántica y su llegada a México entre 1900 y 1961 fue que los actores interesados en ella tuvieron su preparación en instituciones extranjeras a partir de la cual extrapolaron su experiencia a la construcción de instituciones científicas. Estos personajes interesados en distintos campos de la física buscaron extender ese conocimiento hacia otros profesionales de las ciencias interesados en la cuántica. Dicha hipótesis invitó a pensar a los actores como parte de una comunidad antes que como actores aislados. Lo que derivó en la necesidad de construir una explicación que mostrara el desarrollo de la teoría cuántica mientras se conformaba una comunidad de físicos interesados en ella. La conformación de esos grupos de trabajo los constituyó en una serie de redes que tenían algún grado de poder dentro de la ciencia mexicana en la centuria pasada.

Los científicos que construyeron la mecánica cuántica hicieron uso de matemáticas y teorías físicas preexistentes para comprender los nuevos descubrimientos a los que se estaban enfrentando. En este punto Planck aparece como el científico que se interesó por el problema del cuerpo negro. Sus investigaciones resultarían de sumo importantes para desatar una revolución en la ciencia. Sin embargo, no es posible explicar la creación de la mecánica cuántica a partir de los grandes genios, más bien lo que se propuso fue insertarlos en su contexto histórico. Desde este punto de partida, se demostró que los científicos formaron parte de una era en la que muchos otros investigadores dieron pasos previos que derivaron en la construcción de una teoría que fue sumando elementos constantemente. La cuántica se señala como parte de una investigación que se

apoyó en matemáticas complejas y revolucionarias. Las matemáticas matriciales, desarrolladas especialmente para justificar su existencia y las matemáticas de la escuela escocesa de la segunda mitad del siglo XIX, son paradigma de la construcción cuántica.

Ejemplo de ello fue uno de los grandes debates que han existido en torno a la teoría cuántica: el conflicto intelectual entre Bohr y Einstein. Éste quizá fue una de las últimas discusiones donde la filosofía y la física se entrecruzaron para discernir sobre conceptos físicos desde la filosofía. La incompatibilidad entre las propuestas de estos dos físicos provocó que la conceptualización de la física moderna cambiara; conceptos tales como inconmensurabilidad y medición fueron redefinidos a partir de esos debates. Todos ellos sufrieron cambios en su epistemología para explicar la física moderna. Rescatar estos conceptos resultó importante debido a que los científicos mexicanos de las primeras décadas fueron influenciados por ese contexto; durante esta época comenzó la institucionalización de diversas áreas científicas en el país, las cuales, sin lugar a dudas, le deben el modelo a la comunidad de físicos mexicanos.

En esta tesis el tema de la institucionalización de las áreas científicas ocupa un lugar importante para entender el proceso dentro de la comprensión de la física como área de estudio en México. Como se analizó de la mano de la física iban la matemática y, sobre todo, la astronomía. Ciencia que resultó ser una de las áreas donde por vez primera se estudió la mecánica cuántica en México dentro de una escuela a nivel superior. Tarea que acogió Joaquín Gallo quien se interesó por llevar la mecánica cuántica a sus clases es considerado en esta investigación como uno

de los primeros interesados en la mecánica cuántica en México; a pesar de que no hizo ningún aporte significativo a la teoría. Situación similar a la de Sotero Prieto, quien incluso dedicó un par de artículos para presentar el tema de la relatividad a profesores de educación básica. A partir de lo escrito por Prieto en esos artículos, el matemático mexicano asumió que una nueva física estaba construyéndose.

Las fuentes consultadas sugieren que ambos personajes, a diferencia de Sandoval Vallarta, se interesaron en la teoría cuántica desde suelo mexicano. Lugar donde las condiciones materiales e institucionales hicieron complicado el acceso a la información que existía en otros espacios geográficos, donde la física presentaba un desarrollo vertiginoso. Esta es la razón por la que en esta investigación se buscó revalorar el papel que jugaron ambos personajes en la introducción de la mecánica cuántica a la academia mexicana. Resulta difícil saber si Prieto hubiera contribuido a esta teoría desde el espacio académico mexicano sino hubiera fallecido a temprana edad. En tanto, Gallo logró hacerlo a través del congreso científico de 1935 donde fungió como presidente y se apoyó en la figura de Alfredo Baños jr. para su realización; sin embargo, hacia el final de su vida, la trayectoria intelectual del astrónomo del OAN resultó ser un ejemplo del cambio de paradigma. Si bien Gallo defendió una astronomía basada en la descripción, una distinta apoyada en elementos de la nueva física, dentro de la que estaban la mecánica cuántica, la relatividad y los rayos cósmicos, se consolidó en la astronomía mexicana.

Ninguno de los dos fue formado como matemático o astrónomo, en buena medida porque esas disciplinas no existían como áreas específicas, aunque ambos hicieron su contribución a la ciencia mexicana desde la ingeniería. Áreas donde

México tenía una sólida formación de capital humano. Lejos de ser un aspecto negativo, su formación los llevó a interesarse en problemas prácticos; algo que la novel física mexicana necesitaba. Su apoyo a la investigación de rayos cósmicos en la que estaba incursionando la física mexicana a partir del panamericanismo impulsado por Estados Unidos es una muestra de su formación ingenieril. Resulta complicado afirmar que la física mexicana tuvo en ellos a sus precursores, más bien hasta este momento fueron parte de una generación que fue el puente que dio entrada a la generación de Sandoval Vallarta y Alfredo Baños jr, entre otros, quienes lograrían dar solidez institucional a la física en México.

Para el caso mexicano se analizó que al mismo tiempo que se adquirían las costumbres y tradiciones científicas, imperantes en los países donde la ciencia se consideraba consolidada, también se instauraban lenguajes comunes. Es decir, los científicos mexicanos tuvieron que crear escenarios donde el mensaje científico fuera escuchado. La necesidad de éstos, desembocó en su creación para eso se institucionalizaron espacios destinados al dialogo científico. De esta manera es que podemos explicar el crecimiento de otros lugares dedicados a la física. Resulta difícil explicar estos espacios como construcciones que surgieron de la nada, al contrario, las nuevas instituciones y los seminarios lograron consolidarse. Debido a que a pesar de los escasos recursos materiales con los que contaba el país, existía una tradición de colectivos interesados en la ciencia y las humanidades que precedía a estos personajes.

Durante los años que van de 1920 a 1938, es posible observar los problemas que enfrentaron los actores involucrados con la mecánica cuántica en México. El

primero fue la consolidación de instituciones, las cuales no pueden explicarse, solamente, a través de una institucionalización llevada a cabo por el Estado emanado de la era revolucionaria. Las instituciones de tipo académico tienen sus antecedentes en las distintas asociaciones que existieron en el México del siglo XIX. Esta fiebre asociacionista no fue exclusiva de México, todos los países de América Latina tuvieron una gran cantidad de asociaciones. Éstas fungieron el rol de receptoras, pero al mismo tiempo cumplieron la ardua tarea de intérpretes de las mismas. La asociación Alzate fue el lugar donde hacia finales del siglo XIX los actores interesados en la ciencia intercambiaban sus puntos de vista sobre los temas científicos en boga. Por lo cual es necesario cambiar esa imagen de la ciencia mexicana que alude a ella diciendo que siempre estaba un paso atrás de países europeos como Francia, Alemania e Inglaterra y Estados Unidos en el continente americano.

Otro ámbito que se analizó fue la influencia de la ciencia estadounidense en la organización de la ciencia mexicana, específicamente en la física. Se observó que el transnacionalismo científico que, en realidad se configuró desde la década de 1920, comenzó a interesarse en los estudiantes latinoamericanos a través de programas de becas. Las fundaciones Vanderbilt, Carnegie, Rockefeller y Guggenheim becaron estudiantes de nivel doctoral con la finalidad de llevar ciencia a otros países del denominado tercer mundo. En el contexto de la Guerra Fría, las subvenciones sirvieron para mostrar las ventajas del capitalismo frente al proyecto comunista representado por la URSS; sin embargo, no se sugiere entender a los científicos becados como agentes culturales de Estados Unidos. El tema de las

becas Guggenheim es un tema que recientemente ha sido motivo de atención dentro de la historia de la ciencia.

Los casos de los científicos becados son tantos que es necesario realizar estudios particulares para las diferentes áreas del conocimiento. De tal suerte que el panorama para comprender la recepción, interpretación y aplicación de las teorías muestre un panorama más completo. Este escenario invitó a observar la relación entre los científicos mexicanos y estadounidenses como una historia de la ciencia transnacional. Sin duda, este eje permitió alejarse de la dicotomía éxito-fracaso. Si la historia de la ciencia se explicara a partir de esta dualidad, resultaría casi imposible buscar interpretaciones históricas como el proceso de la institucionalización de los saberes en el siglo XX.

Bajo este contexto es que aparece una especie de fiebre por institucionalizar diferentes áreas del saber. La física en la UAP entre 1945 y 1951, mostró el crecimiento del interés en México de esa área. Este marco generó la descentralización del estudio de la física en el país. Después de que la UAP consolidó su programa de Licenciatura en Física, otras universidades estatales siguieron esa ruta. Para la década de 1960 había alrededor de diez institutos de educación superior en el país con algún programa de estudios en Física. A partir de este momento se puede considerar que la centralización del estudio de la física de en México, abanderado por la UNAM, cede un poco ante otras instituciones. Lo que no necesariamente significa que perdiera su lugar de privilegio en la construcción de esa área de estudio en México durante los años subsecuentes.

Las instituciones de educación superior que consolidaron programas de licenciatura y/o posgrado, casi todos ellos en el año de 1961 y en los años subsecuentes, son materia de estudio pendiente. Esta tesis se apoyó en la enunciación de esas instituciones y programas de física para mostrar que, a partir de los esfuerzos colectivos de un grupo de físicos con intereses diversos, la física en México se consolidó hacia la década de 1960. Aunque también para observar que la mecánica cuántica encontró un nicho dentro del lenguaje de los físicos de este país.

La mecánica cuántica se integró a los planes de estudio de la UNAM y la UAP, por lo cual resulta presumible que otras instituciones en sus planes de física la integraron en años posteriores. Sin embargo, eso sólo se puede suponer en este momento, a partir de dos elementos que se desprenden del caso de la UAP; el primero: la ya mencionada descentralización de los saberes sugiere que los graduados de la carrera de física en la UNAM, que no encontraron espacio en ella, se integraran a otras instituciones; la segunda: la consolidación de programas de posgrado probablemente generó grupos regionales, los cuales deben ser analizados fuera de una visión del centro del país.

El tema de la conformación de los grupos de trabajo presenta un reto que se abordó en esta investigación. El grupo de científicos relacionados con la física en México fue observado a través del análisis de redes, a través del cual se mostraron las tendencias intelectuales que demandó la academia mexicana. A partir de los elementos estudiados, hasta este momento se puede afirmar que la física en México

tuvo una orientación hacia la física nuclear, la cual en buena medida fue resultado de los intereses de los actores involucrados.

Después del impulso que significó la investigación en rayos cósmicos durante la década de 1930, el interés por esta área decayó en detrimento de la energía nuclear. El escenario de la SGM, sin dudas determinó en gran medida el tipo de intereses hacia los que viró no sólo la física, sino un gran espectro de la ciencia en el mundo; los actores científicos no permanecieron impávidos ante el contexto de la guerra, a pesar de que no se involucraran en algún grupo de trabajo. El paradigma de la energía nuclear que había en los países que estaban inmiscuidos en la SGM influyó en el escenario mexicano. Es decir, la energía nuclear se consideró como un conocimiento determinante en el teatro internacional.

Con el fin de la SGM, hacia 1950 las potencias vencedoras distinguieron entre los usos bélicos y pacíficos de la energía nuclear. Los físicos mexicanos Nabor Carrillo y Marcos Mazarí, con el apoyo de Sandoval Vallarta, gestionaron la llegada al país del acelerador Van de Graff. Con la llegada de éste a México en 1952, se puede dar por inaugurada la entrada de la física mexicana a la era nuclear. No obstante, las numerosas investigaciones que se realizaron a partir de él, muestran que también se condicionó el desarrollo de la física en México. La mecánica cuántica al igual que otras áreas de la física fueron relegadas, siendo notorio el rol hegemónico que alcanzó la física nuclear en México.

La mecánica cuántica continuó siendo investigada por un pequeño nicho de físicos y otros profesionales de las ciencias interesado en ella. En esta tesis se mostró que a pesar de que el tema de la energía nuclear dominó los años que van

de 1950 a 1961, la mecánica cuántica en su íntima relación conceptual que tenía en el desarrollo de la física moderna tuvo presencia en la academia mexicana; prueba de ello fueron los espacios que tuvo en los congresos que se llevaron a cabo en México y Brasil; ambos con presencia de físicos mexicanos quienes presentaron avances de investigación en el tema de la cuántica. La mecánica cuántica mantuvo su desarrollo a la sombra de la energía nuclear.

La mecánica cuántica apareció en el horizonte de la ciencia en México casi al mismo tiempo que lo hizo en diferentes partes del mundo. A pesar de que durante sus primeros años su construcción teórica había estado en Europa, la teoría se propagó rápidamente por otras latitudes. Bajo la reconstrucción que se ha ofrecido se puede observar cómo se abrió un nicho en la física mexicana, el cual se construyó de forma paralela a su inserción en los programas de física. Los años posteriores a 1961 muestran que los científicos mexicanos estudiaron la mecánica cuántica de forma constante, siempre condicionados por el contexto económico del país. Esto significa que la difícil condición de la que partió allanó el camino para que generaciones posteriores llevaran la mecánica cuántica a diferentes partes del país.

En la actualidad en México se produce investigación en torno a la mecánica cuántica que puede considerarse de primer nivel, a pesar de que los instrumentos necesarios para su investigación condicionan a los científicos interesados en ella. Debido a esta situación un buen número de experimentos aún continúan siendo realizados en instituciones del extranjero. Así mismo, las instituciones mexicanas que tienen programas de física, matemáticas y hasta algunas ingenierías tienen opciones

terminales en mecánica cuántica, lo cual dista mucho de las condiciones en las cuales llegó a México.

La mecánica cuántica partió de un lugar secundario en la construcción de la nueva física en el escenario mexicano, pero a partir de ese lugar se consolidó. Debido a que mostró su vinculación con la física nuclear, lo que derivó en programas de estudio que la incluyeran. Tal fue el caso de la UNAM y la UAP. Después de 1961, los siguientes coloquios en física tuvieron mesas dedicadas a la mecánica cuántica donde la participación fue cada vez más asidua. La asistencia estuvo en función de que la mecánica cuántica tenía un espacio determinado en los planes de estudio.

Las décadas subsecuentes fueron parte de un modelo científico y educativo que consolidó a la mecánica cuántica en las ciencias básicas. Hecho que muestra que en México se hace investigación de primer nivel en esta área, gracias a la sólida formación académica de sus estudiantes de posgrado. No obstante, la ciencia en México necesita de la vinculación entre la academia y la industria para que muestre el impacto en la vida cotidiana, no sólo de la mecánica cuántica ni de la física en particular sino de la ciencia en general que se produce en el país. De todas ellas se pueden extraer innovaciones teóricas, pero también prácticas de la ciencia mexicana. Una tarea compleja que aún queda pendiente.

Anexo 1. soporte de la red 1.

id_persona	Nombre	Nacimiento	Defunción	Profesión	Institución	Área	Número de Artículos
1	Juan Garrido			Físico	Centro de Documentación Científica y Técnica, Unesco	Física	1
2	Carlos Graef Fernández			Físico	Instituto de Física, UNAM	Física	4
3	Marcos Moshinsky			Físico	Instituto Nacional de Investigación Científica/ Instituto de Física y Geofísica, UNAM/Comisión Nacional de Energía Nuclear	Física	13
4	Fernando Alba Andrade			Físico	Instituto de Física, UNAM	Física	10
5	Juan Manuel Lozano			Físico	Instituto de Física, UNAM	Física	8
6	F. M. Médina Nicolau			Físico	Instituto Nacional de Investigación Científica	Física	4
7	Juan de Oyarzabal			Físico	Instituto de Investigación Científica/ Instituto de Física, UNAM	Física	4
8	Fernando E. Prieto C.			Físico	Instituto de Investigación Científica/ Instituto de Física, UNAM/ Comisión Nacional de Energía Nuclear	Física	10
9	Eugene P. Wigner			Físico	Palmer Physical Laboratories, Princeton	Física	2
10	Octavio Cano Corona			Físico	Instituto de Física, UNAM	Física	1
11	Emilio Rosenblueth			Ingeniero	Instituto de Geofísica, UNAM	Ingeniería	1
12	Manuel Sandoval Vallarta			Físico	Instituto de Investigación Científica/ Instituto de Física, UNAM	Física	1
13	Alejandro Medina			Físico	Instituto Nacional de Investigación Científica	Física	8
14	R. Richard Foy			Físico	Instituto Nacional de Investigación Científica	Física	3
15	F. Camarena				Instituto Nacional de Investigación Científica		2
16	Anselmo Chargoy			Matemático	Instituto de Geofísica, UNAM	Ingeniería	1
17	J. Marino y Coronado			Ingeniero	Instituto de Física, UNAM	Ingeniería	1
18	Eduardo Díaz Losada			Físico	Instituto de Física, UNAM	Física	1
19	Alonso Fernández			Físico	Instituto de Física, UNAM	Física	3
20	Indaledo Gómez			Físico	Instituto de Física, UNAM	Física	1
21	Luis Velázquez			Físico	Instituto de Física, UNAM	Física	3
22	José A. Lanuza			Químico	Facultad de Química, Universidad de Guanajuato/ Escuela Nacional de Ciencias Químicas, UNAM/Laboratorio de Física - Química, París	Química	1
23	James L. Anderson			Físico	Universidad de Maryland, College Park	Física	2
24	O. Costa de Beauregard				Institut Henri Poincaré, París	Física	2
25	T. A. Brody			Ingeniero	Sin adsorción/ Instituto de Física, UNAM/ Comisión Nacional de Energía Nuclear	Física	11
26	Carlos Vélez Ocón			Físico	Instituto Nacional de Investigación Científica	Física	1
27	Pablo Okhuyesen Jr.			Físico	Universidad de Texas	Física	1
28	Walter E. Millett			Físico	Universidad de Texas	Física	1
29	Roberto Treviño Arizpe			Físico	Instituto Nacional de Investigación Científica	Física	1
30	José Raúl Carrasco R.			Físico	Instituto Nacional de Investigación Científica	Física	1
31	Thomas Bonner			Físico	Rice Institute, Texas	Física	1
32	Marcos Mazarí			Físico	Instituto Nacional de Investigación Científica (subsidiario)	Física	9
33	Manuel V. Cerrillo			Matemático	Instituto Nacional de Investigación Científica/ Instituto de Matemáticas, UNAM	Matemáticas	2
34	Frederick J. Belinfante			Físico	Instituto de Física, Universidad de Purdue, Indiana	Física	2
35	Vinicio Serment			Físico	Instituto Nacional de Investigación Científica	Física	1
36	Manuel Vázquez Barette			Físico	Instituto Nacional de Investigación Científica	Física	4
37	Augusto Moreno Moreno			Físico	Instituto de Física, UNAM/ Instituto Nacional de Investigación Científica	Física	4
38	Virgilio Beltran			Físico	Instituto de Física, UNAM	Física	1
39	Hugo Lezama			Físico	Instituto de Física, UNAM	Física	2
40	Ariel Tejera			Físico	Instituto de Física, UNAM	Física	3
41	S.J. Levinger			Físico	Louisiana State University, Louisiana	Física	2
42	C.A. Mallmann			Físico	Laboratorios Espectroscopia Nuclear y Radioquímica/ Comisión Nacional de Energía Nuclear, Argentina	Física	1
43	S. Mayo			Físico	Laboratorios Espectroscopia Nuclear y Radioquímica/ Comisión Nacional de Energía Nuclear, Argentina	Física	1
44	S.J. Nassiff			Físico	Laboratorio del Síncrotrón	Física	1
45	Hans Freistadt			Ingeniero	Newark, College of Engineering, New Jersey	Ingeniería	1
46	J. Goldemberg			Físico	Departamento de Física, Facultad de Filosofía, Ciencia y Letras, Universidad de Sao Paulo	Física/ Filosofía	3
47	Juan Velázquez			Físico	Instituto de Física, UNAM	Física	1
48	Ignacio Castro			Físico	Instituto de Física, UNAM	Física	3
49	Mario Vázquez R.			Físico	Laboratorio Van de Graff, Instituto de Física, UNAM	Física	1
50	Shiguo Watanabe			Físico	Departamento de Física, Facultad de Filosofía, Ciencia y Letras, Universidad de Sao Paulo	Física	1
51	H.M. Nussemweing			Físico	Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro	Física	2
52	M.L. Rustgi			Físico	Louisiana State University, Louisiana	Física	2
53	Mariano Bauer			Físico	Instituto Nacional de Investigación Científica	Física	1
54	Ruth Gall			Física	Instituto de Geofísica, UNAM/ Instituto Nacional de Investigación Científica	Física	2
55	Adelaida Palacios	1959		Química	Instituto de Física, UNAM	Física	3
56	Ricardo Cameras			Físico	Instituto de Física, UNAM	Física	1
57	George Rickards			Físico	Instituto de Física, UNAM	Física	3
58	Enriqueta G.B de Velarde			Física	Instituto de Física, UNAM	Física	3
59	Raquel Peñalosa			Física	Laboratorio de Contadores, Instituto Nacional de Investigación Científica	Física	1
60	W.W. Buechner			Físico	Physics Department and Laboratory for Nuclear Science, MIT, Massachusetts	Física	1
61	G. López			Físico	Laboratorio Van de Graff, Instituto de Física, UNAM	Física	4
62	M.E. Ortiz			Físico	Laboratorio Van de Graff, Instituto de Física, UNAM	Física	1
63	Ana María Marthez			Física	Instituto de Física, UNAM	Física	2
64	Ismael Escobar V.			Físico	Laboratorio de Física Cósmica de Chacaltaya, Bolivia/ Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro	Física	3
65	N. Nerurkar			Físico	Laboratorio de Investigaciones Físicas de Almedabad, India	Física	1
66	R. Weil			Físico	Laboratorio de Física Cósmica de Chacaltaya, Bolivia/ Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro	Física	2
67	C. Uña			Físico	Laboratorio de Física Cósmica de Chacaltaya, Bolivia/ Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro	Física	1
68	A. Barragán			Físico	Facultad de Física, UNAM	Física	2
69	J. Solt			Astrónomo	Instituto de Astronomía, UNAM	Física	1
70	S. Kumar Trehar			Físico	Physics Department, University of California, Berkeley	Física	1
71	Jorge Rickards C.			Físico	Laboratorio Van de Graff, Instituto de Física, UNAM	Física	1
72	Jaimé Lifshitz Gaj		1959	Matemático	Instituto Nacional de Investigación Científica	Física	1
73	Cecilia Mossin Kotin			Física	Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires	Física	1
74	Victor Flores Maldonado			Físico	Instituto de Física, UNAM	Física	1
75	G.S. de Oyarzabal			Físico	Instituto Nacional de Investigación Científica	Física	1
76	William Laskar			Físico	Lawrence Radiation Laboratory, University of California, Berkeley	Física	1
77	María Eugenia Ramírez de Arellano			Física	Instituto de Física, UNAM	Física	1
78	A. Jáidar			Física	Facultad de Física, UNAM	Física	2
79	O. Almén			Físico	Institutionen för Fisik, Chalmers Tekniska Högskola	Física	1
80	R. Domínguez			Físico	Laboratorio Van de Graff, Instituto de Física, UNAM	Física	1
81	María Esther Ortiz de López			Física	Laboratorio Van de Graff, Instituto de Física, UNAM	Física	2
82	A. Morales y Amado			Físico	Instituto de Física, UNAM/ Comisión Nacional de Energía Nuclear/ Escuela Superior de Física y Matemáticas, IPN	Física	1
83	A. Serment C.			Físico	Facultad de Ciencias, UNAM/ Escuela Superior de Física y Matemáticas, IPN	Física	1

Bibliografía

Abello Llanos, Raimundo, "La investigación en ciencias sociales: sugerencias prácticas sobre el proceso" en *Investigación y Desarrollo*, vol. 17, núm. 1, Colombia, Universidad del Norte, 2009.

Aceves Pastrana, Patricia, "La crisis de la farmacia en México en el cambio de siglo (XIX-XX)" en Francisco Javier Dosil y Gerardo Sánchez (coords.), *Continuidades y rupturas, una historia tensa de la ciencia en México*, México, Instituto de Investigaciones Históricas/ Gobierno del Estado de Michoacán/ Facultad de Ciencias de la UNAM, 2010.

-----, (coord.), *Leopoldo Río de la Loza y su tiempo. La construcción de la ciencia nacional*, México, UAM-X, 2011.

Achim, Miruna y Aimer Granados, *Itinerarios e intercambios en la historia intelectual de México*, México, UAM/CONACULTA, 2011.

Aguilar, Marcelo E., "La mecánica cuántica desde el campo de las matemáticas" en María de la Paz Ramos Lara (coord.), *La mecánica cuántica en México*, México, UNAM- CIICH/Siglo XXI editores, 2003, pp. 82- 88.

Alinovi, Matías, *Historia de la energía. Desde las primeras ideas griegas sobre la conservación de "algo" hasta la ley de leyes, la ley más general que hoy conocemos*, Buenos Aires, Capital intelectual, 2007.

Allégre, Claude, *La derrota de Platón o la ciencia en el siglo XX*, México, Fondo de Cultura Económica, 2003.

Alvarado Rodríguez, María Eugenia, *Desarrollo y percepciones de la ciencia: una mirada histórica. El caso de la UNAM*, México, UNAM- CIICH (biblioteca aprender a aprender), 2015.

Andrews, Steven B., Carleen R. Basler y Xavier Coller, "Redes, Cultura e Identidad en las organizaciones" en *REIS*, Madrid, vol. 2, núm. 97, 2002, pp. 31- 56.

Aris Rutherford, H. Ted Davis y Roger H. Stuver (comps). *Resortes de la creatividad científica. Ensayos sobre los fundadores de la ciencia moderna*, México, Fondo de Cultura Económica, 1995.

Artús, Pau y Ramón Crehuet, *Mecánica cuántica. Un viaje al universo subatómico*, Barcelona, Océano, 2001.

Ávila Galinzoga, Jesús, *Memoria de 55 años de actividades de la ESIQUE*, México, IPN, 2005.

Azuela, Luz Fernanda y José Luis Talancón, *Contracorriente: historia de la energía nuclear en México (1945- 1995)*, México, Plaza y Valdés Editores, 1999.

Banes, Nicole and Adriana Andrei, "Culture as Soft power in International Relations" en *International Conference Knowledge based organization*, Vol. XXI, núm. 1, 2015, pp. 32- 37.

Bartolucci, Jorge, *La modernización de la ciencia en México. El caso de los astrónomos*, México, UNAM, 2002

-----, (coord.), *La saga de la ciencia mexicana. Estudios sociales de sus comunidades: siglos XVIII al XX*, México, UNAM, 2011.

Barnes, Barry, *Thomas Kuhn y las ciencias sociales*, México, Fondo de Cultura Económica, 1982.

Becher, Tony, *Academic Tribes and Territories. Intellectual enquiry and the cultures of disciplines*, Londres, The Society for Research into Higher Education and Open University Press, 1989.

Bergia, Silvio, Luis Navarro Veguillas, Luis J. Boya, Karl von Mayenn, José Manuel Sánchez Ron, Fritz Rohrlich, Alfred Molina (comp.) *El siglo de la física. Interacciones ciencia- sociedad a raíz a la vista de las grandes revoluciones de la física moderna*, Barcelona, Tusquets Editores, 1992.

Benítez de Lugo, Mario Aguilar, "Cien años de Rayos Cósmicos" en *Revista Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, vol. 105, núm. 1, 2011.

Bernal, John D., *Historia social de la ciencia*, Barcelona, Editorial Península, 2001.

Bertrand, Michel, "Redes sociales, poder e identidad en las sociedades latinoamericanas (siglos XVI-XX)", en Michel Bertrand (Coord.), *Configuraciones y redes de poder. Un análisis de las relaciones sociales en América latina*, Caracas, Fondo Editorial Tropykos, 2002, pp. 5- 13.

Bochner, Salomón, *El papel de la matemática en el desarrollo de la ciencia*, Madrid, Alianza Editorial, 1991.

Bourdieu, Pierre, *Homo academicus*, México, Siglo XXI editores, 2008.

Bunge, Mario, *La ciencia. Su método y su filosofía*, México, Siglo XXI, 2006.

Calvillo Velasco, Max "¿Técnicos contra universitarios? Un debate parlamentario sobre la educación superior, 1932" en *Estudios de historia moderna y contemporánea de México*, México, Instituto de Investigaciones Históricas- UNAM, número 39, enero- junio, 2010, 93- 116.

Camp, Roderic Ai, *Mexico's Mandarins. Crafting a Power Elite for the Twenty- first Century*, Berkeley/Los Angeles/ Londres, University of California Press, 2002.

-----, *Las élites del poder en México*, México, Siglo XXI Editores, 2006.

Casas, Rosalba, "Enfoque para el análisis de redes y flujos de conocimiento" en Matilde Luna (coord.), *Itinerarios del conocimiento: formas, dinámicas y contenido. Un enfoque de redes*, México, UNAM- IIS/Anthropos, 2003, pp. 19-49.

Castañeda Crisolis, Reyes Edgar, *Los desafíos técnicos y tecnológicos de la expropiación petrolera en México: el papel del Estado y la comunidad científica y tecnológica*, Tesis para obtener el grado de Doctor en Historia, México, UNAM, 2011.

Castañeda López, Gabriela y Ana Cecilia Rodríguez de Romo, "Henry Sigerist y José Joaquín Izquierdo: dos actitudes frente a la historia de la medicina en el siglo XX" en *Historia Mexicana* (julio-septiembre), El Colegio de México, Vol. 57, Número 7, 2007, 139-191.

Castañeda Mendoza, Edith "Ciencia y tecnología en México (1935- 1942). Del CNESIC a la CICIC: impulso a la investigación científica", en Federico Lazarín Miranda y Hugo Pichardo Hernández (Coords.) *La Utopía del uranio. Política energética, extracción y explotación del uranio en México*, México, UAM-I/Biblioteca Nueva, 2016, pp. 23-48.

Chavalier, Maxime, *Lectura y lectores en la España del siglo XVI y XVII*, Madrid, Turner, 1976.

Checa Godoy, Antonio, *Historia de la prensa en Iberoamérica*, Sevilla, Editorial Alfar, 1993.

Cohen, Bernard, *Revolución newtoniana y las transformaciones de las ideas científicas*, Madrid, Alianza, 1983.

-----, *El nacimiento de una nueva física*, Madrid, Alianza, 1989.

-----, *Revolución en la ciencia*, Madrid, Gedisa (colección límites de la ciencia, volumen 10), 2002.

Cohen F. Pantoja, Glauco, Marco Antonio Moreira y Victoria Elnecave Herzcovitz, "La enseñanza de conceptos fundamentales en Mecánica Cuántica para estudiantes" en *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, vol. 9, núm. 1, 2012, pp. 22- 39.

Chavoya Peña, María Luisa, La institucionalización de la investigación en ciencias sociales en la Universidad de Guadalajara" en *Revista de Educación Superior*, vol. XXXI, núm. 121, enero- marzo 2002, pp. 7-25.

Cutcliffe, Stephen H., *Ideas, máquinas y valores. Los estudios de ciencia tecnología y sociedad*, México/ Barcelona, UAM- I/ Anthropos, 2003.

Dampier, William Cecil, *Historia de la ciencia y sus relaciones con la filosofía y la religión*, Madrid, Tecnos, 2008.

Dean, Peter, *La revolución de las ciencias. El conocimiento europeo y sus expectativas, 1500- 1700*, Madrid, Marcial Pons (Historia), 2007.

de Broglie, Luis, *La física nueva y los cuantos*, Madrid, Editorial Losada, 1965.

de Gortari, Elí, *La ciencia en la historia de México*, México, Fondo de Cultura Económica, 2da edición, 2014.

de la Peña, Luis, "2005. Voltear al pasado para mirar el futuro" en *Ciencia*, núm. 80, México, UNAM, 2005, pp. 4-12.

del Río Haza, Fernando. *Destellos del cosmos. Ensayo biográfico sobre Manuel Sandoval Vallarta*, México, El Colegio Nacional, 2018.

de la Torre Oropeza, Verónica, "Las élites del poder en México. Una exploración crítica de la literatura entre las décadas de 1970 y 1990" en *Teoría y debate*, México, UNAM, 2015, pp. 1-13.

Dirección General de Asuntos del Personal Académico, *Nuestros Maestros. Tomo I*, México, UNAM, 1992.

Domínguez, José Raúl, *Historia de la física nuclear en México, 1933-1963*, México, CESU/Plaza y Valdés, 2001.

-----, "Los orígenes de la física nuclear en México", en *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad- CTS*, Argentina, Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior, Vol. 7, Núm. 21, agosto, 2012, pp. 95- 112.

-----, *La ingeniería civil en México 1900-1940. Análisis histórico de los factores de su desarrollo*, México, IISUE, 2013.

Domínguez, Raúl y Joaquín Lozano, "Sotero Prieto y la enseñanza de las matemáticas en la Universidad Nacional" en Jorge Bartolucci (coord.) *La saga de la ciencia mexicana. Estudios sociales de sus comunidades: siglos XVIII al XX*, México, UNAM, 2011, pp. 133-144.

Duran Guardado, Antonio, *La ley de la Gravedad. Newton: La fuerza más atractiva del universo*, España, 2012.

Easley, Brian, *La liberación social y los objetivos de la ciencia*, Madrid, Siglo XXI, 1981.

Eisenstaedt, Jean, *Antes de Einstein: relatividad, luz y gravitación*, México, Fondo de Cultura Económica, 2016.

Engerma, Stanley L. y Kenneth L. Sokoloff, "Dotaciones de factores, instituciones y vías de crecimiento diferentes entre las economías del nuevo mundo" en Stephen Haber (coord.) *Cómo se rezagó la América Latina, 1870- 1914*, México, Fondo de Cultura Económica, 1999, pp. 305-349.

"Entrevista con el Dr. Luis de la Peña" en *Revista Digital Universitaria*, vol. 12, núm. 4.

Estrada Calva, Leonardo, *Las relaciones Estados Unidos y América Latina en los foros panamericanos (1933- 1948)*, Tesis para obtener el grado de Maestro en Relaciones Internacionales, México, UAM- X, 2016.

Estrella González, Alejandro, "La filosofía mexicana durante el régimen liberal: redes intelectuales y equilibrios políticos" en *Signos Filosóficos*, México, UAM-I, núm. 23, vol. XII, enero- junio 2010, 114-181.

Esqueda Blas, Enrique, *Nabor Carrillo y el proyecto nuclear mexicano, 1946- 1963*. Tesis para obtener el grado de licenciado en Historia, México, UNAM, 2007.

Esqueda, Enrique y María de la Paz Ramos, "Nabor Carrillo: pionero de la Energía nuclear en México, en Quipu. *Revista Latinoamericana de historia de las ciencias y la tecnología*, septiembre- diciembre 2013, vol. 15, núm. 3, 285-319.

Flores Orendan, María Elena, "régimen político y políticas públicas en México: entre el autoritarismo y la democracia imperfecta" en María Elena Flores Orendan (coord.), *Políticas públicas en México. Régimen político, finanzas y políticas sectoriales*, México, UAM-I, 2012, pp. 17-51.

Foro Consultivo Científico y Tecnológico, "Orígenes de la política científica y tecnológica en México" en *Construyendo el diálogo entre los actores del sistema de ciencia, tecnología e innovación*, México, Editorial Gustavo Casasola, 2013.

Gallardo Pérez, Juan Carlos, Juan Manuel Lozano Medina y María de la Paz Ramos, "Publicaciones sobre temas de física en las Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate" en *Ciencia Ergo Sum*, México, UAEMex, vol. 12, núm.1, 2005, pp. 97-104.

Garciadiego, Javier, *Rudos contra científicos. La Universidad Nacional durante la revolución mexicana*, México, El Colegio de México/UNAM, 2000.

García Bernal, Silvia Mónica, "Los maestros del exilio español en el Politécnico y sus aportaciones", en Silvia Mónica García Bernal, *Los maestros del exilio español en el Instituto Politécnico Nacional*, México, 2012.

García Colín, Leopoldo, *La ciencia de Albert Einstein*, México, El Colegio Nacional, 2006.

García Murcia, Miguel, *La emergencia de la antropología física en México. La construcción de su objeto de estudio (1864- 1909)*, México, Secretaría de Cultura/ INAH, 2017.

Godfrey, Guillaumin, *Historia y estructura de La estructura. Origen del pensamiento histórico de Thomas Kuhn*, México, UAM-I, 2012.

González, Luis, *Los artífices del Cardenismo. Historia de la Revolución Mexicana*, México, Fondo de Cultura Económica, 1981.

-----, "El liberalismo triunfante" en *Historia General de México. Versión 2000*, México, El Colegio de México, 2000, pp. 633-701.

González, Wenceslao J., *Análisis de Thomas Kuhn: Las revoluciones científicas*, Madrid, Trotta, 2004.

Golinski, Jan, *Making Natural Knowledge: constructivism and the history of science*, Cambridge, Cambridge University Press, 1998.

Gotidiener, Luis, *Marcos Moshinsky: la lucha por la ciencia desde el Tercer Mundo*, México, Juan Pablos Editor, 2017.

Haller, Rudolf, "Carnap y Reichenbach en el círculo de Viena" en E. Bustos, Juan Carlos García-Bermejo Ochoa, Andrés Rivadulla Rodríguez, J. Urrutia, José Luis Zofío Prieto, Eduardo Bustos, Eulalia Pérez Sedeño (editores), *Perspectivas actuales de lógica y filosofía de la ciencia*, Madrid, Siglo XXI editores, 1994, pp. 3-20.

Hernández Gómez, José, "Introducción" en Sotero Prieto Rodríguez, *Historia de las matemáticas*, México, Instituto Mexiquense de Cultura, 1991.

Hernández Sandoica, Elena, "La expansión de los europeos por el mundo" en Julio Aróstegui, Cristian Buchrucker y Jorge Saborido (directores), *El mundo contemporáneo: historia y problemas*, Barcelona/ Buenos Aires, Crítica/ Editorial Biblos, 2001.

Herrera, Amílcar O., *Ciencia y política en América Latina*, México, Editorial de la Universidad Juárez del Estado de Durango, 1971.

Hessen, Boris, "Las raíces socioeconómicas de la mecánica de Newton" en Juan José Saldaña (Comp.), *Introducción a la teoría de la historia de las ciencias*, México, UNAM, 1989, pp. 79-145.

Holton, Gerald, *La imaginación científica*, México, Fondo de Cultura Económica/ Conacyt, 1985.

Ibarra, Antonio, Guillermina del Valle Pavón y Álvaro Alcántara, "Introducción" en Guillermina del Valle Pavón y Antonio Ibarra (coords.), *Redes, corporaciones comerciales y mercados hispanoamericanos en la economía global, siglos XVII- XIX*, México, Instituto Mora/ Conacyt, 2017, pp. 7-26.

Ibarra, Antonio y Guillermina del Valle, "Redes sociales e instituciones: una nueva mirada sobre viejas incógnitas" *Historia Mexicana*, núm. 3, enero- marzo, 2007, pp. 717-723.

Jarquín Ortega, María Teresa, "Las festividades del centenario de la independencia en la Ciudad de México y Toluca: 1810- 1910" en María Teresa Jarquín Ortega/ Manuel Miño Grijalva, *Toluca. Los ejes históricos de una ciudad mexicana*, México, El Colegio Mexiquense A. C., 2018, 291-303.

Jiménez Zamudio, Luis A., "Breve historia de la inmunología en *Ciencia*, vol. 66, núm. 2, pp. 8- 17.

Johnson, Paul, *Estados Unidos: la historia*, Argentina, Javier Vergara Editor, 2002.

Jordan, Pascual, *La física del siglo XX*, México, Fondo de Cultura Económica (colección Breviarios, 22), 1969.

Kennedy, Paul, *Auge y Caída de las grandes potencias*, Barcelona, 1993.

Kuhn, Thomas S. *La Revolución Copernicana*, Barcelona, Editorial Ariel, 1996.

-----, *La tensión esencial. Estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia*, México, Fondo de Cultura Económica, 1996.

-----, *La Estructura de las revoluciones científicas*, México, Fondo de Cultura Económica, 2006.

Kosselleck, Reinhart, *Futuro pasado. Para una semántica de los tiempos históricos*, Barcelona, Paidós, 1993.

-----, *Aceleración, prognosis y secularización*, Valencia, Pre- Textos, 2003.

- , *Los estratos del tiempo: estudios sobre la historia*, Paidós, Barcelona, 2001.
- Koyré, Alexandre, *Estudios galileanos*, México, Siglo XXI, 2009.
- , *Del mundo cerrado al universo infinito*, México, Siglo XXI, 2008.
- Kumar, Manjit. *Quantum: Einstein, Bohr, and the Great Debate about the Nature of Reality*. Nueva York, W. W. Norton & Company, 2011.
- Mancilla, Ángel Chávez, "Entre ciencia y filosofía. La labor editorial del Seminario de Problemas Científicos y Filosóficos (1955- 1960)" en *Saberes. Revista de historia de las ciencias y las humanidades*, Vol. 3, Núm. 8, 2020.
- Mannheim, Karl, "El problema de las generaciones" en *REIS*, Madrid, núm. 63, 2012 (1928), pp. 193-242.
- Mayer Celis, Leticia, *Entre el infierno de una realidad y el cielo de un imaginario. Estadística y comunidad científica en el México de la primera mitad del siglo XX*, México, El Colegio de México, 1999.
- Martínez, Sergio F., "Un siglo en la construcción de un mapa del mundo cuántico" en *Ciencias*, México, UNAM, 63, julio- septiembre de 2001, pp. 30- 37.
- McNeill, J. R. y W. H. McNeill, *Las redes humanas. Una historia global del mundo*, Barcelona, Crítica, 2003.
- Medina Rivera, Crescencio Salvador, *El indeterminismo y el principio de incertidumbre de Heisenberg*, Tesis para obtener el grado de doctor en filosofía, México, Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Moreno Corral, Marco Antonio, *Odisea 1874 o el primer viaje internacional de científicos mexicanos*, México, Fondo de Cultura Económica/ Secretaría de Educación Pública/ Conacyt, 1986.
- Lajous, Alejandra, "Los premios nacionales de ciencias y artes: la consagración de una sociedad establecida" en Roderic Ai Camp, *Charles Hale y Josefina Zoraida Vázquez, Los intelectuales y el poder en México*, México/ Los Angeles, El Colegio de México/ Universidad de California, 1991.
- Laudan, Larry, *El progreso y sus problemas*, Madrid, Ediciones Encuentro, 1986.
- Latour, Bruno, *La esperanza de pandora. Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*, Barcelona, 2001.
- , *We Have Never Been Modern*, Massachusetts, Harvard University Press, 1991.
- , *Ciencia en acción. Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*, Barcelona, Universitat de Barcelona, 1992.
- Laroze, Luciano, Nicolás Porrás y Gonzalo Fuster, *Conceptos y magnitudes en física*, USM editorial, Chile, 2013.
- Lara Mimbrenra, Iván Rubén, "El perfil de las ciencias en la Escuela Nacional Preparatoria" en Federico Lazarín Miranda, Martha Ortega y Blanca Gutierrez, *Manuel Sandoval Vallarta en su época. Relaciones sociales y culturales, influencias científicas y políticas*, México, UAM-I, Biblioteca de signos, 2017.
- Lazarín Miranda, Federico, "El proceso de adopción de la física moderna en México, 1900- 1945", *VI jornadas de ESOCITE*, Bogotá, Colombia, 19- 21 de abril de 2006, p. 10. Texto inédito.

-----, "La explicación de lo invisible. Libros escolares de física para la educación media en México, 1853-1975" en Luz Elena Galván Lafarga Lucía Martínez Moctezuma (coordinadoras), *Las disciplinas escolares y sus libros*, México, CIESAS/ UAEM/ Juan Pablos Editor, 2010, pp. 268-304.

-----, "Val y su presencia en el Massachussets Institute of Technology. Docencia, investigación y vida cotidiana, 1917- 1946" en Federico Lazarín Miranda, Blanca Estela García Gutiérrez y Martha Ortega Soto (Coords.), *Manuel Sandoval Vallarta en su época. Relaciones sociales y culturales, influencias científicas y políticas*, México, UAM- I, Biblioteca de Signos, 2017, pp. 81-104.

Ledesma Mateos, Ismael y Ana Barahona Echeverría, "Alfonso Luis Herrera e Isaac Ochoterena: La institucionalización de la biología en México" en *Historia Mexicana* (enero- marzo), México, El Colegio de México, Vol. 48, Número 3, 1999, pp. 635- 674.

Ley Koo, Eugenio, "La hipótesis cuántica de la luz" en *Ciencias*, Vol. 80, octubre- diciembre, México, UNAM, 2005, pp. 38-48.

López Mosqueda, J.A. y V. Aboites, "La filosofía frente al objeto cuántico" en *Revista Mexicana de Física E*, núm. 63, 2017, pp. 107- 122.

Lovett Cline, Barbara, *Los creadores de la Nueva Física*, México, Fondo de Cultura Económica (colección breviaros, 134), 2004.

Lukacs, John, *Historia mínima del siglo XX*, México, El Colegio de México/ Turner, 2017.

Marquina, José, *La tradición de investigación newtoniana*, México, UAM-I, 2006.

Luna, Matilde, "La red como mecanismo de coordinación y las redes de conocimiento" en Matilde Luna (coord.), *Itinerarios del conocimiento: formas, dinámicas y contenido. Un enfoque de redes*, México, UNAM- IIS/Anthropos, 2003.

Merton, Robert K., "Los colegios invisibles en el desarrollo cognitivo de Kuhn" en Carlos Solís Santos (comp.), *Alta tensión: Historia, filosofía y sociología de la ciencia. Ensayos en memoria de Thomas Kuhn*, Madrid, Paidós, 1998, pp. 23-74.

Miller, Nicholas, "Espacios de pensamiento: historia transnacional, historia intelectual y la Ilustración" en *Ayer*, número 94, vol. 2, 2014, pp. 97-120.

Minor García, Adriana, "Manuel Sandoval Vallarta en la encrucijada entre México y Estados Unidos", en *Ludus Vitalis*, Vol. XXIII, núm. 43, 2015, pp. 125-149.

-----, "Manuel Sandoval Vallarta. The Rise and Fall of Transnational Actor at the Crossroad of World War II Science Mobilization" en John Krige, *How to Knowledge Moves. Writing the transnational History, Science and Technology*, Chicago and Londres, The university of chicago press, pp. 227-253.

-----, "El acelerador Van de Graff en movimiento: conexiones interamericanas, discursos de modernización y prácticas de la energía nuclear en México" en Laura Cházaro, Miruna Chaim y Nuria Valverde, *Piedra, papel y tijera: instrumentos en las ciencias en México*, México, UAM-C, 2018, pp. 345-386.

-----, *Cruzar fronteras. Movilizaciones científicas y relaciones interamericanas en la trayectoria de Manuel Sandoval Vallarta (1917- 1942)*, México, UNAM- CISAN/El Colegio de Michoacán, 2019.

Myers, Jorge, "Introducción. Los intelectuales latinoamericanos desde la colonia hasta el inicio del siglo XX" en Carlos Altamirano (director), *Historia de los intelectuales en América Latina. La ciudad letrada: de la conquista al modernismo*, Vol. 1, Madrid, Katz Editores, 2008.

Navarro Faus, Jesús, *El principio de incertidumbre: Heisenberg ¿Existe el mundo cuándo no lo miras?*, Madrid, RBA, 2015.

Nieto Casas, Leopoldo, *Estudio de la reacción 6C12 (d,p) 6C13 con tablas para la conversión de datos del sistema del laboratorio al sistema del centro de masa*. Tesis para obtener el grado de Licenciado en Física, México, UNAM, 1953.

Nye, Joseph S., "Preface and Chapter five "Soft power and American foreign policy" en *Soft Power*, Public Affairs, Nuevo Hampshire, 2004.

O'Flaherty, James C., "A Humanist look at Max Planck" en *American Scientist*, Vol. 47, No. 1, marzo 1959, pp. 68-79.

-----, "Max Planck and Adolf Hitler" en *AAUP Bulletin*, Vol. 42, No. 3, Autumn, 1956, pp. 437-444.

Ortega Soto, Martha y Federico Lazarín Miranda (Coords.), *Los inicios de la física nuclear y el Fondo Manuel Sandoval Vallarta. Estudios de caso*, México, Ediciones Lirio/UAM-I, 2016.

Ortega y Gasset, José, "Idea de la generación" en *Ortega Y Gasset*, Madrid, Editorial Gredos, 2014.

Ortiz Morales, Andrés, *De la ciencia aplicada a la investigación científico tecnológica*. ESIME (1935-1961), México, IPN, 2016.

Pacheco Quintanilla, Mario E., "Mecánica Analítica. Eduardo Prado", en *Boletín. Sociedad Mexicana de Física*, octubre 2005.

Palacios, Guillermo, "Los círculos concéntricos de la educación rural en el México posrevolucionario: un caso sui generis de redes intelectuales" en Marta Elena Casaús Arzú y Manuel Pérez Ledesma (eds.) *Redes intelectuales y formación de naciones en España y América Latina (1890- 1940)*, Madrid, Universidad Autónoma de Madrid ediciones, 2005, pp. 107-118.

Papanelopoulou, A. F., "Science and Technology, and the Public in the European Periphery. A report of the 5th Step meeting" en *Journal of Science Communication*, 5, Menorca, junio 2006.

Pérez Ransanz, Ana Rosa, *Kuhn y el cambio científico*, México, Fondo de Cultura Económica, 1999.

Planck, Max *¿A dónde va la ciencia?*, Buenos Aires, Editorial Posada, 1951.

Planck Max, *Autobiografía científica*, México, UNAM, 1987.

Plascencia Gaspar, Leticia, *et al.*, "La formación profesional del físico en la UNAM. Trayectoria de sus planes de estudio", en *Perfiles Educativos*, México, ISSUE-UNAM, vol. XXXIII, núm. 131, 2011.

Pomian, Krzystof, "Coleccionistas, aficionados y curiosos. París y Venecia, 1500- 1800" en Valentina Torres Septién (coord.), *Producciones de sentido. El uso de las fuentes en la historia cultural*, México, Universidad Iberoamericana/ CONACYT, 2002, pp. 133-203.

Popper, Karl, *La lógica de los descubrimientos científicos*, Madrid, Technos, 1977.

Prieto C Fernando E., *Captura de mesotrones negativos por protones*. Tesis para obtener el grado de Licenciado en Física, México, UNAM, 1948.

Pyenson, Lewis, "Cultural Imperialism and Exact Sciences Revisted" en *Isis*, Chicago, vol. 84, núm. 1, 1993, pp. 103-108.

Ramos, María de la Paz (coord.), *La Mecánica cuántica en México*, México, UNAM/Siglo XXI, Centro de Investigaciones interdisciplinarias en ciencia y humanidades (serie ciencia y tecnología en la historia de México), 2003.

-----, “Los ingenieros promotores de la física académica en México (1910- 1935)” en *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, núm., 35, año 12, 2007, pp. 1241- 1265.

-----, “El primer proyecto educativo de ingeniería química en México en la Escuela Nacional de Ingenieros (1911)” en María de la Paz Ramos y Felipe León Olivares (coords.), *Aportes recientes a la historia de la química en México*, UNAM- Instituto de Química, pp. 149- 186.

-----, “De la física de carácter ingenieril a la creación de la primera profesión de física en México”, *Revista Mexicana de Física E*, Sociedad Mexicana de Física, núm. 51, diciembre 2005, pp. 137-46.

-----, “En los 75 años de la Facultad de Ciencias, una semblanza de su fundador Ricardo Monges López”, *Ciencias*, núm. 115, UNAM, enero- junio 2015, pp. 140-149.

-----, *Introducción a la mecánica cuántica*, México, Fondo de Cultura Económica, 2016.

Ramos Lara, María de la Paz, Juan Manuel Lozano Medina y Leticia Plascencia Gaspar, “La formación profesional del físico en la UNAM” en *Perfiles educativos*, vol. XXXIII, núm. 131, 2011, pp. 155-175.

Ramos Lara, María de la Paz y Marco Arturo Moreno del Corral (coords.) *La astronomía en México en el siglo XIX*, colección *Ciencia y tecnología en la historia de México*, México, UNAM, 2010.

Reisch, George A., “La desilusión de posguerra, el antiintelectualismo y el debate acerca de los valores” en *Cómo la Guerra Fría transformó la filosofía de la ciencia. Hacia las heladas laderas de la lógica*, Buenos Aires, Universidad de Quilmes, 2005, pp. 183-204.

Richards, Stewart, *Filosofía y sociología de la ciencia*, México, Siglo XXI editores, 2014.

Ringer, Fritz K., *El ocaso de los mandarines alemanes. Catedráticos, profesores y la comunidad académica alemana, 1890- 1933*, Barcelona, Ediciones Pomares- Corredor, 1995.

Rodríguez-Sala Gómezgil, María Luisa, “círculos y canales de comunicación en el dominio de la ciencia” en *Revista Mexicana de Sociología*, vol. 39, núm. 4, 1977, pp. 1363-1395.

Scott, John, *Social Network Analysis. A handbook*, Londres, Sage publications, 2000.

Sabadell, Miguel Ángel, *La electrodinámica cuántica. Feynman. Cuando un fotón conoce a un electrón*, Madrid, RBA, 2012.

Sábato, Hilda, “Nuevos espacios de formación y actuación intelectual: prensa, asociaciones, esfera pública (1850- 1900)” en Carlos Altamirano (director), *Historia de los intelectuales en América Latina. La ciudad letrada, de la conquista al modernismo*, Madrid, Katz, 2008, pp. 387-411.

Sanderson, Michael, “The Professor as Industrial Consultant: Oliver Arnold and the British Steel Industry, 1900- 1914” en *Wiley. The Economic History Review*, New Series, vol. 31, núm. 4, 1978, pp. 585- 600.

Secord, James A., “Knowledge in Transit” en *Isis*, Vol. 95, Núm. 4, 2004, pp. 654-672.

Smith, Crosbie, *The Science of Energy: a cultural history of energy physics in Victorian Britain*, Chicago, The University of Chicago Press, 1998.

Stewart, Richard, *Filosofía y Sociología de la ciencia*, México, Siglo XXI, 2014.

Sober, Eliot, *Reconstructing the Past. Parsimony, Evolution and Inference*, Cambridge, Massachussets, MIT, 1990.

Soberanis, Alberto, "Las relaciones científicas franco- mexicanas durante el Segundo Imperio (1864-1867)", en Rosaura Ruíz, Arturo Argueta y Graciela Zamudio (coords.) *Otras armas para independencia y la revolución. Ciencias y humanidades en México*, México, Fondo de Cultura Económica/ UNAM/ Universidad de Sinaloa/ Universidad Michoacana de san Nicolás de Hidalgo, 2010, pp. 125- 138.

Somolinos D'Ardois, German, "Veinticinco años de investigación histórica en México" en *Historia Mexicana* (Octubre – Marzo), El Colegio de México, Vol. 15, Número 2-3, 1966, pp. pp. 269-290.

Solís Santos, Carlos, (comp.), *Alta Tensión: Historia, filosofía y sociología de la ciencia*, Barcelona, Paidós, 1998.

Swenson Jr., Loyd, *Genesis Relativity. Einstein in context*, New York, Burt Franklin and Co., 1982.

Tenorio Trillo, Mauricio, *Artifugio de la nación moderna. México en las exposiciones universales, 1880- 1930*, México, Fondo de Cultura Económica, 1998.

Trabulse, Elías, "En busca de la ciencia mexicana" en Juan José Saldaña (coord.) *Introducción a la teoría de las ciencias*, México, UNAM, 1989, pp. 309-336.

-----, *Los orígenes de la ciencia moderna en México (1630- 1680)*, México, Fondo de Cultura Económica (Colección Breviarios, 526), 1994.

-----, *Historia de la ciencia en México (versión abreviada)*, México, Fondo de Cultura Económica/ CONACYT, 1994.

-----, *El círculo roto. Estudios históricos sobre la ciencia en México*, México, Fondo de Cultura Económica (Serie Tezontle), 1996.

-----, *Los orígenes de la ciencia moderna en México (1630- 1680)*, México, Fondo de Cultura Económica, 2014.

Topham, Jonathan R., "A View from the Industrial Age", en *Isis*, Vol. 95, Núm. 3, pp. 431- 442.

Torres Alejo, Andrea, *Estudio de tres generaciones de científicos y su participación en la institucionalización de la física y las matemáticas en México*", Tesis para obtener el grado de Maestría, México, UAM-I, 12 de diciembre de 2012.

Torres, Blanca, *Historia de la Revolución Mexicana, 1940- 1952. Hacia la utopía industrial*, México, El Colegio de México, 2006.

-----, *México y el mundo. Historia de sus relaciones exteriores. De la guerra al mundo bipolar*. Tomo VII, México, El Colegio de México, 2010.

Uribe Salas, José Alfredo, "Ciencia e independencia. Las aportaciones de Andrés del Río a la construcción de la nueva nación" en Rosaura Ruíz, Arturo Argueta y Graciela Zamudio (coords.) *Otras armas para independencia y la revolución. Ciencias y humanidades en México*, México, Fondo de Cultura Económica/ UNAM/ Universidad de Sinaloa/ Universidad Michoacana de san Nicolás de Hidalgo, 2010, pp. 43-58.

Valero, Stefan Pohl, *Energía y cultura: historia de la termodinámica en la España de la segunda mitad del siglo XIX*, Barcelona, Editorial Pontificia Universidad Javeriana, 2011.

Vessuri, Hebe M. C., "La ciencia académica en América Latina en el siglo XX" en Juan José Saldaña (Coord.), *Historia de las ciencias en América Latina*, México, Miguel Ángel Porrúa- Coordinación de Humanidades (UNAM), 1996.

Vinck-Posada, Herbert, Rafael R. Rey-González y Karen M. Fonseca-Romero, "Mecánica cuántica: Un reto inaplazable para nuestro país", *TecnoL.* no.26, enero/junio 2011, pp. 7-10

Wallerstein, Immanuel, *Abrir las ciencias sociales*, México, Editorial Siglo XXI, 1996.

Weinberg, Gregorio, "La ciencia y la idea de progreso en América Latina, 1860- 1930" en Juan José Saldaña (coord.), *Historia social de las ciencias en América Latina*, México, UNAM- Coordinación de Humanidades- Coordinación de la Investigación Científica/ Miguel Ángel Porrúa. Grupo editorial, 1996.

-----, *La ciencia y la idea de progreso en América latina, 1860- 1930*, México-Argentina, Fondo de Cultura Económica, 1998.

Wendt, Alexander, *Quantum Mind and Social Science. Unifying physical and social ontology*, Cambridge, Cambridge University Press, 2015.

Yankelevich, Pablo, "La batalla por el dominio de las conciencias: la experiencia de la educación socialista en Jalisco, 1934- 1940" en Susana Quintanilla y Mary Kay Vaughan (coords.), *Escuela y sociedades en el periodo cardenista*, México, Fondo de Cultura económica, 1997, pp. 111-140.

Zamudio, Graciela, "La botánica y los botánicos al finalizar el siglo XIX mexicano" en Luz Fernanda Azuela y María Luisa Rodríguez Sala, *Estudios históricos sobre la construcción social de la ciencia en América Latina*, México, UNAM, 2013, pp. 125-152.

Zermeño, Guillermo, "Presentación" en *Historia Mexicana*, 239, México, El Colegio de México, Vol. LX, Núm. 3, enero- marzo 2011, pp. 1445-1452.

-----, "Ciencia de la historia y nación en México" en Sandra Carreras/ Katja Carrillo Zeiter (eds.), *La ciencia en la formación de las naciones americanas*, España, Iberoamericana/ Vervuert, 2014, pp. 57-90.

Archivos

Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México.

- fondo Observatorio Astronómico Nacional.

Archivo Histórico Ciencia Manuel Sandoval Vallarta, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Taller- Laboratorio de Historia de la Ciencia y la Tecnología, AHCMSV.

Archivo Histórico Universitario de la BUAP (AHU-BUAP).

- fondo Universidad Autónoma de Puebla.

Hemerografía

Birkhoff, George David, "El concepto matemático de tiempo y la gravitación", en *Boletín de la Sociedad Matemática Mexicana*, vol. 1, no. 4 y 5, 1944.

Einstein, Albert, Boris Podolsky y N. Rosen, "Can Quantum- Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Completed?" en *The Physical Review*, Lancaster/ Pensilvania y New York, Vol. 47, Número 10, Second Series, mayo 15, 1935.

Feynman, Richard P. "Space- Time approach to Quantum Electrodynamics" en *Physical Review*, vol. 76, núm. 6, 1949, pp. 769- 789

Prieto, Sotero, "La teoría de la relatividad" en *El Maestro. Revista de cultura nacional*, núm. 26 (directores Enrique Monteverde y Agustín Loera y Chávez), 15 de agosto, México, 1921.

-----, "La teoría de la relatividad. Segunda parte" en *El Maestro. Revista de cultura nacional*, núm. 26 (director Enrique Monteverde), 29 de agosto, México, 1921.

Revista Mexicana de Física, volúmenes I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, 1951, 1952, 1953, 1954, 1955, 1956, 1958, 1959 y 1960.

Sandoval Vallarta, Manuel, "El desarrollo contemporáneo de las ciencias matemáticas y físicas" en *Revista Mexicana de Electricidad*, noviembre, 1947.

-----, "On the Conditions of validity of macromechanics", en *Journal of Mathematics and Physics*, núm. 6, 1927.

Memorias

Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate, tomo XV, (1930) 1990.

Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate, tomo I y tomo II, México, Imprenta del Ex Arzobispado, 1888.

Memoria relativa al estado que guarda el ramo de Educación Pública, tomo 1, México, Secretaría de Educación Pública.

Fuentes electrónicas

Abarzúa Cutroni, Anabella, "Partículas universales: las misiones científicas de la UNESCO en Argentina (1954- 1966)" en *Revista Iberoamericana de Ciencia y Sociedad*, vol. 36, núm. 12, pp. 33-59. Consultado en PDF https://www.academia.edu/37627745/Part%C3%ADculas_universales_las_misiones_cient%C3%AAdficas_de_la_UNESCO_en_Argentina_1954_1966

Acevedo Díaz, José Antonio y Antonio García Carmona, "Una controversia de historia de la tecnología para aprender sobre naturaleza de la tecnología: Tesla vs Edison, la guerra de las corrientes" en *Enseñanza de las ciencias*, 34, Madrid, núm. 1, 2016, pp.193-209. Recuperado de https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2016v34n1/edlc_a2016v34n1p193.pdf Consultado 23 de junio de 2018.

Aris, Diederick, "La mecánica cuántica y la conceptualidad: materia, historia, semántica y tiempo" en *Scientia Studia*, vol. V, núm. 1, 2013, pp. 75- 99. Consultado <https://www.scielo.br/j/ss/a/L6BTNSNw8gMJrV6WR9ydtzb/abstract/?lang=es>

Barragán, Oscar, "¿Por qué Thomas Kuhn escribe una posdata a su libro "La Estructura de las Revoluciones Científicas?"", Colombia, *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, Vol. IX, Número 18-19, pp. 23- 28. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/414/41411852002.pdf>

Becher, Tony, "The Internalities of Higher Education" en *Wiley. European Journal of Education*, vol. 30, núm. 4, 1995, pp. 395- 406. Consultado en pdf <https://www.jstor.org/stable/1503513?refreqid=excelsior%3A7aedf6210e6ca2b766f159cafea484fd>

Collazo Reyes, Francisco y Gerardo Herrera Corral, "Alfredo Baños: surgimiento de la física y la investigación académica en México", en *Avance y perspectiva*, abril- junio 2008, pp. 85-99. Consultado en pdf. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fem.fis.unam.mx%2Fpublic%2Fmochan%2Fblog%2F20150120alfredoBanhos.pdf&clen=1194000&chunk=true>

Crosland, Maurice y Crosbie Smith, "The Transmission of Physics from France to Britain: 1800- 1840" en *Historical Studies in the Physical Science*, California, University of California Press, Vol. 9, 1978, pp. 1-60. Consultado en <https://www.jstor.org/stable/27757376>.

Cruz Azamar, Omar, "La física de la energía en *The Physical Review*, 1941-1945" en *Saberes. Revista de historia de las ciencias y las humanidades*, vol. 5, núm. 2, 2019, pp. 9-28. Consultado en pdf. <http://www.saberesrevista.org/ojs/index.php/saberes/article/view/141>

Díaz y Ovando, Clementina, "Rumbo a la fundación" en *Revista de la Universidad. Nueva época*, México, UNAM, septiembre 2010, pp. 5-17. Consultado en pdf. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7442147>

Duch, Juan, *Yucatán en el tiempo: enciclopedia alfabética*, Mérida, México, Inversiones Cares S.A de C.V., 1998, p. 17. <https://www.worldcat.org/title/yucatan-en-el-tiempo-enciclopedia-alfabetica/oclc/947254462?referer=di&ht=edition> Consultado 4 de junio de 2020.

Eddington, Arthur S., *Space Time and Gravitation. An outline of the general relativity theory*, Cambridge, 1920, 1-14. Recuperado de <http://strangebeautiful.com/other-texts/eddington-space-time-grav.pdf> 16 de junio de 2018.

Granados, Aimer, "La emergencia del intelectual en América Latina y el espacio público: el caso de Alfonso Reyes" en *Procesos. Revista Ecuatoriana de Historia*, núm. 41, 2015, pp. 173- 199. Consultado en pdf <https://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/4608>

Gómez Dantés, Octavio, "Sistema de salud de México" en *Centro de Investigación en Sistemas de Salud*, Instituto Nacional de Salud Pública, México (suplemento), Vol. 2, 2011, pp. 220-232. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/spm/v53s2/17.pdf>

Gómez Galvarriato, Aurora, "La construcción del milagro mexicano: el instituto mexicano de investigaciones tecnológicas, el Banco de México y la Armour Research Foundation" en *Historia Mexicana*, núm. 3, vol. LXIX, 2020. Consultado en pdf <https://historiamexicana.colmex.mx/index.php/RHM/article/view/4022/4004>

Illescas, Nadina, "*El milagro de las matemáticas: Entrevista a Alberto Barajas*", Revista de la Universidad de México, núm. 11, 2005, pp. 103-108. Consultado en pdf <https://www.revistadelauniversidad.mx/articles/4b094391-09d6-438e-87a9-dffb66fe06c2/el-milagro-de-las-matematicas-entrevista-a-alberto-barajas>

Islas Mondragón, Damián, "Ernst Mach, Karl R. Popper y Thomas Kuhn: Aportaciones al estudio de los Experimentos Mentales" en *Revista Portuguesa de Filosofía*, 2018, pp. 133- 150. Recuperada en <https://www.Jstor.org/stable/10.2.307/26405921>

Kaiser, David, "La física y los diagramas de Feynman" en *Investigación y Ciencia*, 2005, 74- 83, pp. consultada en PDF <http://web.mit.edu/dikaiser/www/Fds.AmSci.Spanish.pdf>

Mateos, Gisela, Valeria Sánchez Michel y Adriana Minor, "Una modernidad anunciada" en *Historia Mexicana*, El Colegio de México, 2012, vol. LXII, núm. 1, pp. 415-442. Consultado en chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.redalyc.org%2Fpdf%2F600%2F60029081008.pdf&clen=1317876

La mecánica cuántica y sus distintas interpretaciones, dentro del ciclo de conferencias Historia y Filosofía de la Ciencia organizado por el Instituto de Nanosistemas -UNSAM, <https://www.youtube.com/watch?v=GTPXIDSGGJk>

Leines Mejía, Armando. "El Maestro. Revista de cultura nacional (1921- 1923)", pp. 63-86. Consultado en <http://hdl.handle.net/11191/2242>

Olivé, León, "La estructura de las revoluciones científicas: cincuenta años", *Revista Iberoamericana de Ciencia y Tecnología*, vol. 8, núm. 22, enero, pp. 133-151. Recuperado de http://www.revistacts.net/files/Volumen%208%20-%20N%FAmero%2022/Olive_EDITADO.pdf

Saldaña, Juan José y Edgar Castañeda Crisolis "Estado mexicano: ciencia y gobernabilidad. El caso del petróleo", disponible en <http://www.historiacienciaytecnologia.org.mx/Publicaciones/EdgarCastañedaXICOMHCT.pdf>. Consultado el 1 de octubre de 2019.

Valero, Stephan Phol, *Termodinámica social. La relación entre física y sociedad a finales del siglo XIX*, en *Investigación y ciencia*, diciembre 2012, pp. 36-37 Recuperado de https://www.academia.edu/2438976/Termodin%C3%A1mica_social._La_relaci%C3%B3n_entre_f%C3%ADsica_y_sociedad_a_finales_del_siglo_XIX Consultado el 6 de noviembre de 2017

https://www.ingenieria.uady.mx/nuestrafacultad_fi.php Consultado el 20 de octubre de 2020.



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ACTA DE DISERTACIÓN PÚBLICA

Nº: 002/70

Matricula: 2173800838

La institucionalización de la ciencia. La mecánica cuántica en México, 1900-1961



Con base en la Legislación de la Universidad Autónoma Metropolitana, en la Ciudad de México se presentaron a las 11:00 horas del día 17 del mes de febrero del año 2022 POR VÍA REMOTA ELECTRÓNICA, los suscritos miembros del jurado designado por la Comisión del Posgrado:

DR. FEDERICO LAZARIN MIRANDA
DRA. MARIA DE LA PAZ RAMOS LARA
DRA. MARTHA ORTEGA SOTO

Bajo la Presidencia del primero y con carácter de Secretaria la última, se reunieron a la presentación de la Disertación Pública cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

DOCTOR EN HUMANIDADES (HISTORIA)

DE: OMAR CRUZ AZAMAR

OMAR CRUZ AZAMAR
ALUMNO

y de acuerdo con el artículo 78 fracción IV del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

Aprobar

Acto continuo, el presidente del jurado comunicó al interesado el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.

REVISÓ

MTRA. ROSALÍA SERRANO DE LA PAZ
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CSH

DR. JUAN V. HERRERA CABALLERO

PRESIDENTE

DR. FEDERICO LAZARIN MIRANDA

VOCAL

DRA. MARIA DE LA PAZ RAMOS LARA

SECRETARIA

DRA. MARTHA ORTEGA SOTO

El presente documento cuenta con la firma -autógrafa, escaneada o digital, según corresponda- del funcionario universitario competente, que certifica que las firmas que aparecen en esta acta - Temporal, digital o dictamen- son auténticas y las mismas que usan los c.c. profesores mencionados en ella

